Experimentelle und theoretische Beiträge zur Funktionsanalyse des binokularen Sehens

Zum Problem erlebniskorrelierter und nicht-erlebniskorrelierter Prozesse im Visuellen System

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der

Philosophischen Fakultät

der

Westfälischen Wilhelms-Universität

zu

Münster (Westf.)

vorgelegt von

Max Jürgen Kobbert

aus Königsberg

1976

Experimentelle und theoretische Beiträge zur Funktionsanalyse des binokularen Sehens

Zum Problem erlebniskorrelierter
und nicht-erlebniskorrelierter Prozesse
im Visuellen System

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der
Philosophischen Fakultät
der
Westfälischen Wilhelms-Universität
zu
Münster (Westf.)

vorgelegt von
Max Jürgen Kobbert
aus Königsberg

1976

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Juli 1976

Dekan: Professor Dr. L. Budde

Referent: Professor Dr. W. Witte

Korreferent: Professor Dr. Dr. h.c. W. Metzger

"Es ist in der Naturwissenschaft immer eine gute Politik, so konservativ wie möglich zu sein und nur unter dem Zwang sonst unerklärbarer Beobachtungen Erweiterungen vorzunehmen."

Niels Bohr
nach Werner Heisenberg

Islamisches Diagramm der Augen und des Gehirns,
wahrsch. 13. Jahrh. oder älter
(aus E. CLARKE u. K. DEWHURST, Die Funktionen des Gehirns,
München 1973)

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I	EINLEITENDER TEIL	
1.	Das figurale und das tiefenmäßige Paradoxon des Lückenphänomens	10
2.	Zum Problem der notwendigen Bedingungen für das beidäugige Tiefensehen	11
3.	Die Untersuchungsfrage: Können phänomenal absente Halbbilder querdisparat fungieren?	16
II	EMPIRISCHER TEIL	
4.	Experimente zum Effekt von Querdisparation bei phänomenaler Absenz von Figuren (VR-Experimente)	19
4.1.	Der VR-Effekt: Dominanz eines Ringes gegenüber einem Vollkreis	19
4.2.	Allgemeines zu Versuchsanordnung und Methode	20
4.3.	Zum Einsatz eines Augendominanztests	23
4.4.	Allgemeines zur Terminologie und zur Auswertung	24
4.4.1.	Zur Terminologie	24
4.4.2.	Zu den Farbbeurteilungen an der VR-Figur	24
4.4.3.	Zur Beziehung der Farbbeurteilungen zur Augendominanz	25
4.4.4.	Zum Vergleich der VR-Versuche untereinander	26
4.4.5.	Zu den Tiefenurteilen	27
4.5.	Exp. VR-1: Zur Infeldhelligkeit beim VR-Effekt	27
4.5.1.	Vorlagen	27
4.5.2.	Versuchsdurchführung	28
4.5.3.	Ergebnisse	28
4.5.3.1.	Zur freien Beschreibung	28
4.5.3.2.	Zur Innenhelligkeit der VR-Figur	28
4.5.3.3.	Zur Rolle der Augendominanz	29

4.5.4.	Interpretation und Diskussion	30
4.6.	Exp. VR-2: Querdisparation unter den Bedingungen des VR-Effekts	31
4.6.1.	Vorlagen	31
4.6.2.	Versuchsdurchführung	32
4.6.3.	Ergebnisse	32
4.6.3.1.	Zur freien Beschreibung	32
4.6.3.2.	Zur Innenfärbung der VR-Figur	33
4.6.3.3.	Zur Rolle der Augendominanz	33
4.6.3.4.	Zur Tiefenlage der VR-Figur	34
4.6.4.	Interpretation und Diskussion	35
4.7.	Exp. VR-3: Ringfarbe und Infeldfarbe beim VR-Effekt	36
4.7.1.	Vorlagen	36
4.7.2.	Versuchsdurchführung	37
4.7.3.	Ergebnisse	37
4.7.3.1.	Zur freien Beschreibung	37
4.7.3.2.	Zur Ringfarbe an der VR-Figur	38
4.7.3.3.	Zur Innenfarbe der VR-Figur	38
4.7.3.4.	Zur Rolle der Augendominanz	39
4.7.3.5.	Zum Vergleich von Ringfarbe und Infeldfarbe	40
4.7.4.	Interpretation und Diskussion	41
4.8.	Exp. VR-4: Vergleich der Ringfarbe mit der binokularen Mischfarbe	43
4.8.1.	Vorlagen	43
4.8.2.	Versuchsdurchführung	43
4.8.3.	Ergebnisse	44
4.8.3.1.	Zur freien Beschreibung	44
4.8.3.2.	Zum Vergleich der Ringfarben	44
4.8.3.3.	Zur Rolle der Augendominanz	45
4.8.4.	Interpretation und Diskussion	45
4.9.	Exp. VR-5: Vergleich der Ringfarbe mit der Farbe eines kontralateral unbesetzten Rings	46
4.9.1.	Vorlagen	46
4.9.2.	Versuchsdurchführung	47
4.9.3.	Ergebnisse	47
4.9.3.1.	Zur freien Beschreibung	47
4.9.3.2.	Zum Vergleich der Ringfarben	47
4.9.3.3.	Zur Rolle der Augendominanz	48

4.9.4.	Interpretation und Diskussion	48
4.10.	Exp. VR-6: Querdisparation unter der Bedingung farbdifferenter VR-Figuren	49
4.10.1.	Vorlagen	49
4.10.2.	Versuchsdurchführung	50
4.10.3.	Ergebnisse	50
4.10.3.1.	Zur freien Beschreibung	50
4.10.3.2.	Zur Ringfarbe	50
4.10.3.3.	Zur Rolle der Augendominanz	51
4.10.3.4.	Zur Tiefenlage der VR-Figur	52
4.10.4.	Interpretation und Diskussion	53
4.11.	Zusammenfassung der Befunde der VR-Experimente	53
5.	Experimente zum Effekt von Querdisparation bei phänomenaler Absenz von Konturen. Kombination von WITTE-KÖNIG- und PANUM-Effekt (PW-Experim.)	56
5.1.	Exp. PW-1 bis PW-3: Disparation zu supprimierten Konturen im Vergleich zu normaler Quer- und Schrägdisparation	56
5.1.1.	Vorüberlegungen und Fragestellung	56
5.1.2.	Versuchsanordnung	59
5.1.3.	Durchführung	59
5.1.4.	Ergebnisse	60
5.1.4.1.	Zur freien Beschreibung	60
5.1.4.2.	Zu den Tiefenurteilen	61
5.1.5.	Interpretation	64
5.2.	Exp. PW-4: Zur Frage der Unterscheidbarkeit der Lücke im WITTE-KÖNIG-Effekt von einer normalen Lücke	67
5.2.1.	Versuchsanordnung	67
5.2.2.	Durchführung	68
5.2.3.	Ergebnisse	69
5.3.	Zur Frage der Abhängigkeit des Disparationseffekts von der Erscheinungsweise der Lücke	70
5.3.1.	Die Tiefenurteile unter Bezug auf die Lückenbeschreibung	70
5.3.2.	Die Tiefenurteile bei Begünstigung und bei Beeinträchtigung des Lückeneffekts durch Augendominanz	71
5.4.	Zusammenfassende Interpretation und Diskussion der PW-Experimente	72

6.	Experimente zum Vergleich des Tiefeneffekts beim PANUM-Phänomen und bei normaler Disparation (PD-Experimente)	74
6.1.	Vorüberlegungen und Fragestellung	74
6.2.	Versuchsanordnung	76
6.3.	Durchführung	78
6.4.	Ergebnisse	79
6.5.	Interpretation und Diskussion	81
7.	Experimente zur Untersuchung der Bedingungen des WITTE-KÖNIG-Effekts (WK-Experimente)	83
7.1.	Die Hypothese der Dominanz relativer Unstetigkeiten	83
7.2.	Allgemeines zur Versuchsanordnung	85
7.3.	Allgemeines zur Durchführung	85
7.4.	Allgemeines zur Auswertung	86
7.5.	Exp. WK-1: Zum Effekt intrafiguraler Unstetigkeitsstellen	87
7.5.1.	Vorlagen	87
7.5.2.	Ergebnisse	88
7.5.3.	Interpretation	90
7.6.	Exp. WK-2: Zum Effekt extrafiguraler Unstetigkeitsstellen	90
7.6.1.	Vorlagen	90
7.6.2.	Ergebnisse	91
7.6.3.	Interpretation	92
7.7.	Exp. WK-3: Zum Effekt einer Umkehr der Unstetigkeitsverhältnisse	92
7.7.1.	Vorlagen	92
7.7.2.	Ergebnisse	93
7.7.3.	Interpretation	94
7.8.	Exp. WK-4: Zum Effekt einer Serie von Unstetigkeitsstellen	95
7.8.1.	Vorlagen und Versuchsdurchführung	95
7.8.2.	Ergebnisse	97
7.8.3.	Interpretation	98
7.9.	Allgemeine Diskussion des WITTE-KÖNIG-Effekts	98
7.9.1.	Zur Beziehung des WITTE-KÖNIG-Effekts zu den Erscheinungen am Blinden Fleck	99

7.9.2.	Zur Beziehung des WITTE-KÖNIG-Phänomens zu Verdeckungsphänomenen	101
7.9.3.	Rückführung des Effekts auf einen vorgestaltlichen Prozeß	102
III	THEORETISCHER TEIL	
8.	Zur Theorie des binokularen Sehens	106
8.1.	Wissenschaftstheoretische Vorüberlegungen unter besonderer Berücksichtigung der Theorien von METZGER und LINSCHOTEN	106
8.2.	Zur Isomorphieannahme als Rahmenprinzip	111
8.3.	Ein Modell des binokularen Interaktionsprozesses	115
8.3.1.	Zur Beziehung zwischen Grundvorgang und Gestaltprozeß	115
8.3.2.	Ausbau des Neuronalmodells METZGERs innerhalb einer nicht-bewußtseinskorrelierten Ebene des visuellen Systems	116
8.3.3.	Anwendung des Modells auf einige Stereophänomene	121
8.3.3.1.	Tiefe im Fall normaler Querdisparation	122
8.3.3.2.	Tiefe im Falle überkreuzter Disparation	122
8.3.3.3.	PANUM-Effekt	123
8.3.3.4.	PULFRICH-Effekt	125
8.3.3.5.	Monokulares Sehen	126
8.3.4.	Grenzen des Modells	126
8.4.	Einschlägige Befunde aus Human- und Tiermedizin	128
8.4.1.	Die Entdeckung disparationsspezifischer Zellen	128
8.4.1.1.	Verfahren	128
8.4.1.2.	Ergebnisse	129
8.4.1.3.	Interpretation	129
8.4.1.4.	Kritik	130
8.4.2.	Vergleichende Untersuchungen zur Rolle des Chiasma, des Corpus geniculatum laterale, des Corpus callosum, des Thalamus und des visuellen Cortex	131
8.5.	Konsequenzen aus den medizinischen Befunden für ein psychophysisches Modell des Binokularsehens und die heuristische Funktion der empirischen und theoretischen Befunde der vorliegenden Untersuchung	136

8.5.1.	Die grundsätzliche Möglichkeit nicht-bewußtseins-korrelierter visueller Zwischenprozesse mit verhaltenssteuernder Bedeutung	136
8.5.2.	Synoptische Kurzdarstellung der beiden genannten, aus physiologischen und aus psychologischen Befunden gewonnenen Modelle des Binokularsehens	137
8.5.3.	Zur möglichen physiologischen Grundlage des WITTE-KÖNIG- und des ZAJAC-Effekts. Die zweifache Doppelnatur des visuellen Systems	140
IV	ZUSAMMENFASSUNG	143
V	ANHANG	146
9.	Test zur Messung der Augendominanz (ADT)	147
9.1.	Zur Unterscheidung von endogener und exogener Dominanz der Halbbilder	147
9.2.	Versuchsanordnung	148
9.3.	Durchführung	149
9.4.	Berechnung der Werte für Augendominanz und Wettstreitfrequenz	150
9.5.	Ergebnisse	151
9.6.	Prüfung auf Reliabilität	156
9.7.	Möglichkeiten der Validierung	159
9.8.	Zusammenfassung zum ADT	160
10.	Verwendete statistische Verfahren	161
11.	Literaturverzeichnis	165
12.	Tabellen	171
13.	Lebenslauf	188
14.	Danksagung	189

I Einleitender Teil

1. Das figurale und das tiefenmäßige Paradoxon des Lückenphänomens

Anfang der 50er Jahre entdeckt und untersucht E. KÖNIG einen merkwürdigen Effekt, der seit 1958 in der Literatur als WITTE-KÖNIG-Phänomen geführt wird (H. HELSON & A.E. WILKINSON, 22). Man bietet im Stereoskop dem einen Auge des Beobachters eine durchgehende Linie, dem anderen Auge eine unterbrochene Linie (s. Abb. 1). Nach bis dahin erhobenen Befunden über das Verhalten unvollständiger Figuren bei tachistoskopischer, peripherer, konturenschwacher oder stark verkleinerter Darbietung steht vordergründig zu erwarten, daß sich im Sammelbild die Lücke schließt, daß also eine durchgehende Linie erscheint. Tatsächlich aber bleibt die Unterbrechung geöffnet, paradoxerweise umso länger, je kleiner die Lücke ist (KÖNIG, 44).

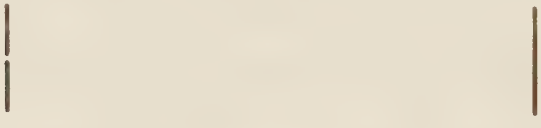


Abb. 1: Zum WITTE-KÖNIG-Effekt

Abb. 2: Zum ZAJAC-Effekt

1962 veröffentlicht J.L. ZAJAC einen weiteren eigenartigen Effekt, der sich mit dem erstgenannten verbindet: zeigt man beide Linien in horizontaler Lage, so drehen sich die beiden Teile der wiederum unterbrochen gesehenen Linie tiefenmäßig voneinander fort (s. Abb. 2). ZAJAC schreibt wie beiläufig, daß sich das verschwundene Linienstück so bemerkbar zu machen scheint, als sei es noch vorhanden, läßt aber offen, welche theoretische Bedeutung dieser Umschreibung beigemessen werden soll:

"... although a piece of line disappears in perception of the stereoscopic image, it plays its role as if it were present when stereoscopic fusion occurs." (78 , S. 155)
So bleibt dem Leser der Versuch, dieses Paradoxon zu verstehen. Bei funktionaler Betrachtung erhebt sich die Frage, ob die Vorgänge, die für das Zustandekommen dieses Stereoeffekts verantwortlich sind, auf phänomenal repräsentierte Ausgangsgrößen angewiesen sind. Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß sich die Querdisparation von Halbbildern bislang als konstitutiv für die Entstehung binokularer Tiefe erwiesen hat, drängt sich unvermeidlich eine allgemeinere Frage auf:
Wenn es innerhalb des visuellen Systems eine funktionelle Ebene gibt, auf der die von beiden Augen aufgenommenen Muster auf tiefenentsprechende Unterschiede hin zueinander in Bezug gebracht werden - ist diese Ebene dann gleichzusetzen mit dem Psychophysischen Niveau, dessen Vorgänge korrelativ mit bestimmten Erlebnisinhalten verbunden sind, oder liegen die Vorgänge, die Erscheinungen wie binokularem Wettstreit oder binokularer Tiefe zu grunde liegen, als solche außerhalb der erlebniskorrelierten Prozesse?
Schon die Fragestellung impliziert mehrere Grundannahmen. Bevor sie gemacht werden, ist zu prüfen, ob die Frage in dieser Form überhaupt notwendig zu stellen ist.

2. Zum Problem der notwendigen Bedingungen für das beidäugige Tiefensehen

In einer Reihe von Veröffentlichungen beschreibt und demonstriert B. JULESZ stereoskopische Experimente mit zum Teil verblüffenden Effekten (s. 33). Er zeigt, daß sich aus zwei monokular betrachtet regellosen Punktaggregaten bei binokularer Betrachtung tiefenmäßig Figuren abheben können. Die Halbbilder sind dabei in der Weise konstruiert, daß ein bestimmter Ausschnitt aus dem Zufallsmuster seitlich versetzt ist, ohne dadurch als solcher sichtbar zu sein. Bietet man die beiden Punktmuster im Stereoskop, so scheint sich der Ausschnitt tiefenmäßig vom übrigen Tei zu lösen und nimmt scharfe Konturen an (s. Abb. 3).

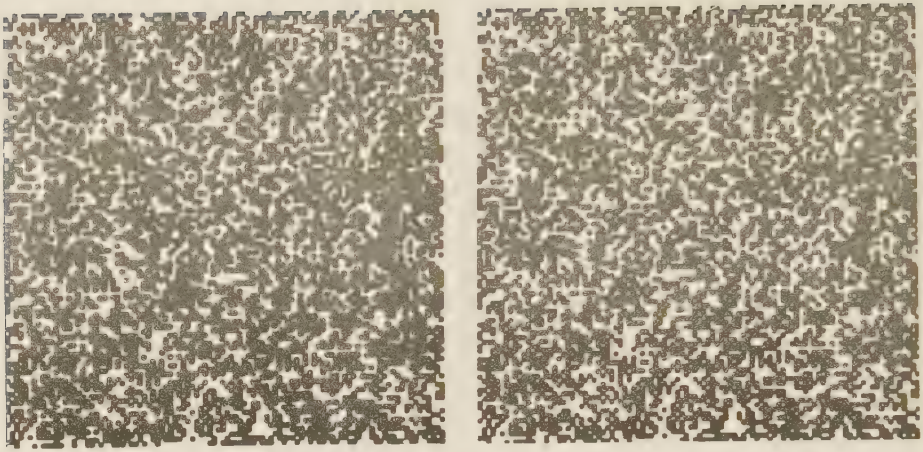


Abb. 3: Stereopaar nach B. JULESZ

JULESZ folgert daraus, daß für die binokulare Tiefenwahrnehmung keine im Halbbild sichtbaren Konturen notwendig sind, sondern daß vielmehr die Prozesse zur Tiefenwahrnehmung den konturbildenden Prozessen vorgelagert sind. Diese Auffassung hat inzwischen manche Befürworter gefunden.
Zu ihnen gehört L. KAUFMAN. Er geht im besonderen der Frage nach, ob es im binokularen Tiefensehen zu einer echten Fusion kommt oder ob sich vielmehr die Halbbilder in stetem Wettstreit befinden. Er verwendet z.B. ein Stereopaar aus "random dots", dessen linker Partner im oberen Teil gegenüber dem unteren seitlich versetzt ist. Projiziert man beide Halbbilder physikalisch übereinander, so ist für den Fall der Deckungsgleichheit der oberen Hälften die Punktdichte im unteren Teil sichtbar erhöht. Diese höhere Dichte tritt bei stereoskopischer Betrachtung beider Halbbilder nicht in Erscheinung. KAUFMAN schließt daraus, daß die disparaten Halbbilder sich wechselweise supprimieren, sodaß die durchschnittliche Gesamtpunktdichte erhalten bleibt. In einem weiteren Experiment arbeitet KAUFMAN mit der stereoskopischen Überlagerung von differenten Mustern aus Schreibmaschinentypen. Bei physikalischer Überlagerung erweisen sich die Zeichen als nicht mehr identifizierbar. Im Falle binokularer Betrachtung beider Muster aber sind die Typen, während sie im Wettstreit wechseln, jeweils immer lesbar.

KAUFMAN leitet aus Befunden dieser Art Argumente für eine "suppression theory" ab (vgl. z.B. auch ASHER, 2). Diese Theorie besagt, daß es keine Fusion und keine binokulare Mischung gibt, sondern daß das binokulare Sehen von einem wechselseitigen Hemmungsprozeß zwischen beiden Halbbildern bestimmt wird. KAUFMAN folgert weiter:
"The fact that stereopsis occurs in the presence of clear suppression indicates that though the disparity may not be directly available to awareness it may still function at a neural level to produce stereopsis" (37 , S. 204).
Solche Folgerungen haben für den Fall ihrer Triftigkeit nicht unerhebliche Konsequenzen für die Grundannahmen der Psychophysik. Solange davon ausgegangen werden kann, daß zwischen Reiz und kortikaler Repräsentation eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung besteht, ist - unter der Isomorphieannahme - mit der Analyse der Reizbedingungen gleichzeitig eine Analyse des Materials gegeben, an dem die gestaltbildenden Prozesse angreifen können. Schalten sich aber intervenierende Systeme ein, dann wird die Beschreibung solchen Materials problematisch, solange nicht genau bekannt ist, was solche Systeme im Einzelnen bewirken. Bevor also Folgerungen wie die von JULESZ und KAUFMAN akzeptiert werden können, ist ihre Schlüssigkeit genauestens zu prüfen. Tatsächlich sind einige ernsthafte Einwände zu machen.

1. Es ist nicht richtig, aus den Effekten an JULESZ-Mustern schließen zu müssen, daß die erlebte Wahrnehmung von Halbbildkonturen keine notwendige Bedingung für die Entstehung von Tiefe sei. Das Auftreten von virtuellen Konturen im Sammelbild ist zu unterscheiden von der Wahrnehmung reizentsprechender Konturen in den Halbbildern. Konturen aber sind in den JULESZmustern reichlich vorhanden, die Rasterung vervielfältigt sie statt sie verschwinden zu lassen. Hierauf weisen z.B. RAMACHANDRAN, RAO, SRIRAM und VIDYSAGAR hin (61). Ferner: Durch die Technik der zufallsgesteuerten Mustergenerierung ist durchaus nicht gleichzeitig ein "optisches Rauschen" gegeben. Vielmehr machen sich gerade hier autochtone Tendenzen in Gliederung und Gruppierung bemerkbar, wie anhand von Abb. 3 jeder leicht nachvollziehen kann. Der streng gestaltpsychologischen Auffassung, daß Tiefe durch Gestaltdisparation zustandekommt

(K. WILDE 1949/51, R. TAUSCH 1953), steht von daher also nicht entgegen. Es ist vielmehr J. LINSCHOTEN, der trotz gestaltpsychologischer Orientierung 1956 den Nachweis erbringt, daß nicht Gestalt-, sondern Konturdisparation als konstitutiv für Tiefe zu betrachten sei. Konturdisparation aber ist bei JULESZ offensichtlich gegeben.

Was die virtuelle Konturierung konturarmer Halbbilder im Sammelbild betrifft, so ist auch diese Möglichkeit der Wahrnehmungspsychologie nicht neu. Schon 1921 zeigt A. v. SZILY, daß im Stereobild deutliche virtuelle Konturen entstehen können, die Felder kreuzen, die in beiden Halbbildern homogen gefärbt sind (68).

Was bei der Abhebung der einzeläugig unsichtbaren Ausschnitte im Stereobild geschieht, läßt sich als Umstrukturierung und Umgruppierung im binokularen Feld beschreiben: die gleichsinnig disparaten Konturen schließen sich jeweils figural zusammen. Das wird deutlich an dem in Abb. 4 dargestellten einfachen Fall.

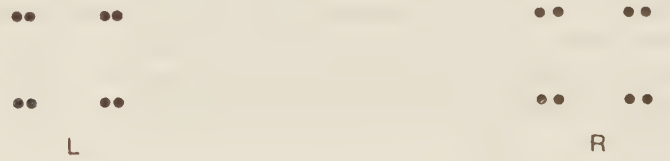


Abb. 4: Umgruppierung im Stereobild

Im linken und rechten Halbbild sind insgesamt acht Punktepaare sichtbar, die sich jeweils dem Faktor der räumlichen Nähe folgend zusammenschließen. Betrachtet man beide Halbbilder stereoskopisch, so entsteht im Sammelbild ein Würfel, dessen Ecken von acht Punkten gebildet werden. Dabei schließen sich nun alle linken Partner der ursprünglichen Paare zur Vorderfläche, alle rechten Partner zur Hinterfläche zusammen; der Zusammenschluß erfolgt also über die im Halbbild jeweils zwischenliegenden Punkte hinweg und unter Überwindung des Faktors der Nähe. Es spricht bislang nichts dafür, die Vorgänge im Falle der JULESZ-Muster in einer anderen Terminologie beschreiben zu müssen.

2. Es ist nicht richtig, aus KAUFMANs Beobachtungen eine Disparationsverarbeitung auf nichtbewußtem Niveau als notwendig zu postulieren. Erstens ist damit zu rechnen, daß die Lage disparater Partner im Sammelbild verändert wird, daß das PANUMsche Fusionsareal tatsächlich ein Fusions- und kein Suppressionsareal ist. LINSCHOTEN meint eine entsprechende Breitenverlagerung als erwiesen betrachten zu können (51). Das mangelnde Punktdichtegefälle im ersten Experiment KAUFMANs kann demnach darauf zurückzuführen sein, daß auch der außerhalb der Kernebene gelagerte Punkteschwarm ein Fusionsergebnis darstellt. Weiter kann nicht als erwiesen betrachtet werden, daß die Suppression, sofern sie besteht, eine vollständige ist. Einseitig getrübte oder unscharfe Konturen würden ebenfalls zu KAUFMANs Ergebnissen führen und dennoch möglicherweise zur Generierung von Tiefe hinreichen.

3. Selbst im Falle vollständiger Suppression ist sie unter den von KAUFMAN gewählten experimentellen Bedingungen nur eine vorübergehende im Sinne binokularen Wettstreits. So aber ist Disparation zwar nicht räumlich, aber immer noch raumzeitlich gegeben, nicht in der simultanen, aber in der sukzessiven Präsenz der Halbbilder. Man denke vergleichsweise an die Tiefenwirkung der Bewegungsparallaxe. Hierauf baut z.B. die Theorie von WASHBURN auf (74). J. HOCHBERG wagt sogar die Behauptung, daß sich durch geeignete Simulation des Wettstreits auch monokular stereoskopische Tiefe erzeugen lassen müsse (26). Allerdings muß dem entgegengehalten werden, daß im Wettstreit keinesfalls eine hinreichende Bedingung für Tiefe gesehen werden kann, da sie (wie beispielsweise im HERINGschen Fallversuch) auch unter tachistoskopischen Beobachtungsbedingungen auftritt. Tiefe im Falle vollständiger kontralateraler Suppression eines Halbbildes hält HOCHBERG für unmöglich. In Versuchen mit verschiedenfarbigen Stereobildern zeigt er, daß der Tiefeneindruck verschwindet, sobald eine Farbe vollständig dominiert (27). Dem ist allerdings wiederum entgegenzuhalten, daß theoretisch wohl ein Unterschied zwischen lokaler Suppression und dem spontanen Ausfall größerer Halbbildareale (TROXLERs Effekt) gemacht werden muß (vgl. KAUFMAN, 36).

3. Die Untersuchungsfrage: Können phänomenal absente Halbbilder querdisparat fungieren?

Beobachtungen, die den Verdacht auf ein visuelles Teilsystem beidäugiger Informationen nahelegen, das zwischen dem Rezeptorniveau und dem Psychophysischen Niveau zu lokalisieren ist, werden immer wieder berichtet (s. z.B. H. CRABUS und M. STADLER, 9). Bislang scheinen die Hinweise aber nicht von der Art, daß sie einen zwingenden Schluß in dieser Richtung zuließen. Im Allgemeinen handelt es sich um die theoretische Feststellung einer prozessualen Folge, deren einzelne Phasen auf funktionell aneinanderschließende Ebenen im visuellen System abgebildet werden. Es läßt sich in diesen Fällen jedoch nicht die Möglichkeit ausschließen, daß dieser Stufenprozeß auch als aktualgenetischer Prozeß innerhalb des Psychophysischen Niveaus aufgefaßt werden kann.

"Schlüsse" von psychologischen Daten auf "subkortikale" Vorgänge sind gewiß mindestens ebenso fraglich wie "Schlüsse" auf kortikale Prozesse. Diese wissenschaftstheoretische Problematik findet nicht immer die entsprechende Berücksichtigung. So wird besonders häufig im angloamerikanischen Schrifttum außer acht gelassen, daß das Beziehen von Gegenständen der Psychologie auf Gegenstände der Physiologie, das über die Beschreibung von Korrelationen hinausgeht, die Annahme gewisser Voraussetzungen verlangt. Dieses Problem wird an anderer Stelle noch thematisch. Vorläufig sei davon ausgegangen, daß die Psychologie in ihren funktionalen Betrachtungen die Physiologie heuristisch beliefern kann. Grundsätzlich sei dabei angenommen, daß für die Prozesse im funktionellen Endbereich des visuellen Systems einerseits und die Vorgänge im visuellen Wahrnehmungsfeld das Isomorphieprinzip gilt (vgl. METZGER 53 , WITTE, 77).

Wenig Sinn hätte es innerhalb einer psychologischen Arbeit, nach "nicht-bewußtseinskorrelierten" physiologischen Vorgängen zu fragen und zu forschen, wäre nicht die naturwissenschaftliche Psychologie J. MÜLLER folgend gleichzeitig immer eine "Leistungsphysiologie" (vgl. 77). Gelegentlich in der Rolle des Mose, der das Land Kanaan suchen sowie in der Ferne sehen, aber nicht betreten darf, erfüllt die Psychologie seit jeher Dienste zur Er-

forschung von Gegenstandsbereichen, die als solche ihren Methoden nicht zugänglich sind. Entsprechendes gilt umgekehrt auch für die Physiologie. Dieser Wechsel in Geben und Nehmen macht, auf das Thema der binokularen Wahrnehmung bezogen, einen wesentlichen Aspekt des theoretischen Teils dieser Arbeit aus. Vor der theoretischen Auseinandersetzung stellt sich an den empirischen Teil aus der bisher dargestellten Problemlage heraus die Untersuchungsfrage, die die Überschrift dieses Abschnitts enthält. Sie läßt sich auch wie folgt formulieren:

Ist die phänomenale Präsenz eines Halbbildes notwendige Bedingung für die Entstehung stereooptischer Tiefe?

Bei der Suche nach einer schlüssigen Beantwortung dieser Frage hat sich während der Arbeit eine Reihe experimenteller Schritte entwickelt. Vor allem geht es dabei um den Inhalt dessen, was die Bezeichnung "Halbbild" in der Untersuchungsfrage umschreibt. Die experimentellen Schritte sollen im Folgenden jeweils einzeln dargestellt und auseinander begründet werden.

II Empirischer Teil

4. Experimente zum Effekt von Querdisparation bei phänomenaler Absenz von Figuren (VR-Experimente)

4.1. Der VR-Effekt: Dominanz eines Ringes gegenüber einem Vollkreis

Betrachtet man mit beiden Augen getrennt Flächen unterschiedlicher Färbung, so ist entweder ein Wettstreit beider Farben zu beobachten oder eine Mischfarbe, unter gewissen Bedingungen auch das Phänomen des binokularen Glanzes.
Wie bereits früh gezeigt worden ist, prävaliert in dem Falle, daß dem einen Auge eine homogene Fläche und dem anderen Auge eine Kontur geboten werden, im Sammelbild die Kontur gemeinsam "mit einem Theil der sie umgebenden Grundfärbung" (HERING 1861, 24, S. 114). Umschließt die Kontur eine Figur, so erstreckt sich diese Grundfärbung auf das gesamte Figurinnere. Enthält beispielsweise das eine Halbbild einen schwarzen Vollkreis auf weißem Grund und besteht das andere Halbbild aus konturlosem Weiß, so sieht man klar umrissen die ungebrochen schwarze Scheibe (s. Abb. 5 a).

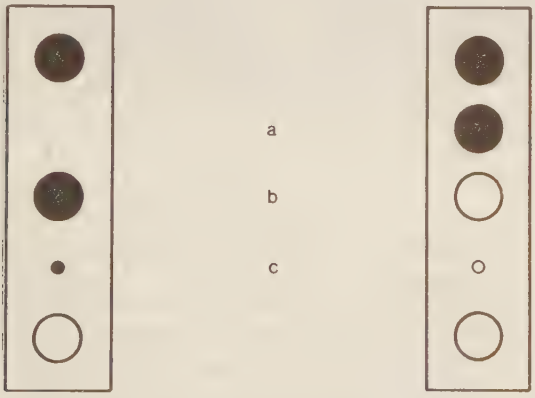


Abb. 5: Zur binokularen Vereinigung von Vollkreis und Ring

Wird das mit dem Vollkreis korrespondierende weiße Flächenstück dagegen mit einer Kreislinie umrissen, so ist als Sammelbild eine Kreisfigur zu beobachten, deren eingeschlossene Fläche in ihrer Färbung einem Grau mittlerer Helligkeit nahekommt (LEVELT, 48, s. Abb. 5 b). Gelegentlich sind auch Wettstreiterscheinungen zu beobachten.
Eigene Erkundungsversuche ergeben die folgende Beobachtung: Unterschreitet der Durchmesser des Vollkreises und des Rings einen Sehwinkel von ca. 1^{o}, so ist das im Sammelbild sichtbare Ringinnere nicht mehr grau, sondern von gleicher Farbe wie das Umfeld. Wettstreiterscheinungen sind kaum noch zu beobachten. Der Vollkreis scheint verschwunden, auch dann, wenn der Betrachter zuvor beide Halbbilder einzeln wahrgenommen hat. Nach Aussage der Beobachter überrascht der Effekt dadurch, daß gerade diejenige Figur verschwindet, die bei Einzelbetrachtung farbkräftiger und stärker figurierend wirkt.
Der Kürze halber sei die Erscheinung, die wohl als Dominanzeffek gedeutet werden kann, VR-Effekt genannt, wobei V für Vollkreis, R für Ring steht. Mit dem VR-Effekt scheint vorläufig die angestrebte Voraussetzung gegeben zu sein, um die eingangs gestellte Versuchsfrage experimentell angehen zu können, die nämlich, daß eine bei Einzelbetrachtung deutlich hervortretende Figur im Sammelbild phänomenal verschwunden ist.
Zunächst stellen sich die folgenden Einzelfragen:

1. Dominiert der Ring vollständig?
2. Dominiert er im Falle leichter Querdisparation vollständig?
3. Ist Querdisparation im Falle vollständiger Dominanz noch tiefenwirksam?

4.2. Allgemeines zu Versuchsanordnung und Methode

Im KIRSCHMANN-Stereoskop (modifiziert nach WITTE, s. Abb. 6) werden Halbbilder der in Abb. 7 dargestellten Art geboten. Es handelt sich dabei um photographische Verkleinerungen kartongeschnittener Figuren. Im Sinne des zu untersuchenden Effekts ist hiermit eine hohe Konturschärfe bei geringer Oberflächentextur gegeben. Die Durchmesser der Kreise nehmen in der stereoskopischen Betrachtung einen Sehwinkel von 1^{o} ein, die Ringstärken betragen jeweils 9'. Die übrigen Maße lassen

sich Abb. 8 entnehmen.
Die Kopfstellung ist während der Beobachtung durch eine Kinn- und Stirnstütze fixiert. Eine Bürolampe von 60 W sorgt für gleichmäßige Ausleuchtung der Vorlagen, ohne die Vp zu blenden. Vor jedem Versuch wird zunächst gesondert, dann gemeinsam für beide Augen eine Scharfeinstellung am Stereoskop vorgenommen. Brillenträger unter den Vpn behalten die Gläser auf.
Abb. 9 zeigt die Vorlagen, an denen die Scharfeinstellung vorgenommen wird. Sie enthalten zwei zueinander querdisparate Linienpaare, deren 15' starke und 2° 30' hohe Linien im linken Halbbild einen Abstand von 3° haben, im rechten Halbbild einen Abstand von 3° 40'. Der Rahmen dient zur Stabilisierung der Konvergenz. Mit 40' entspricht der Disparationsgrad der Linien

Abb. 6: Modifiziertes KIRSCHMANN-Stereoskop

Abb. 7: Vorlagen zu VR-1 und VR-2

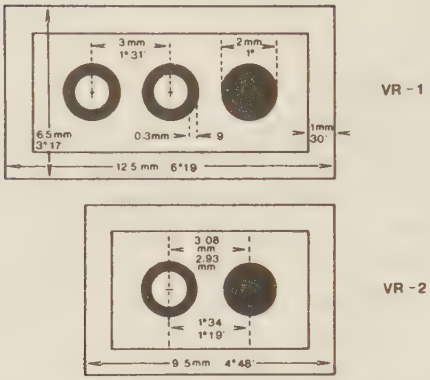


Abb. 8: Abmessungen der Vorlagen der VR-Experimente

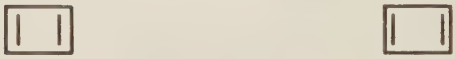


Abb. 9: Vorlagen zur Prüfung der Tiefensehfähigkeit

einem für die Tiefenwahrnehmung weit überschwelligen Wert (die Unterschiedsschwelle liegt in vergleichbaren Fällen zwischen 6" und 1' (s. LINSCHOTEN, 51 , S. 184 ff.).
Zur überschlägigen Prüfung der Fähigkeit zum binokularen Tiefensehen hat jede Vp im Anschluß an die Scharfeinstellung anzugeben, welche der beiden Linien bei beidäugiger Betrachtung weiter entfernt erscheine. Fallen die Antworten nicht in der nach gekreuzter bzw. nicht gekreuzter Disparation zu erwartenden Richtung aus, nimmt die Vp am weiteren Versuch nicht mehr teil, da dort mit 3' ein weit schwächerer Disparationsgrad vorgegeben wird.
25 von 27 geprüften Personen erfüllen das Kriterium. Diese Stichprobe nimmt nimmt an allen sechs VR-Experimenten teil. Sie setzt sich wie folgt zusammen: 20 Studienanfänger im Fach Psychologie, drei fortgeschrittene Studenten, ein Diplompsychologe und eine Lehrerin. 15 Vpn sind weiblich, 10 Vpn männlich. Die Reihenfolge der sechs Versuche wird für jede Vp randomi-

siert, ebenso innerhalb der Versuche die Reihenfolge ihrer ei
zelnen Varianten.
Die Darbietungsdauer beträgt pro Vorlagenpaar jeweils 10 Sek
den. Damit wird der für die Entstehung eines Tiefeneindrucks
oft notwendigen Organisationszeit hinreichend Rechnung getra-
gen.(s. LINSCHOTEN, 51, S. 209 ff.). Bei längeren Beobachtungs
zeiten stellen sich, wie Vorversuche ergeben haben, mit zunel
mender Wahrscheinlichkeit Wettstreiterscheinungen ein.

4.3. Zum Einsatz eines Augendominanztests

Bedeutsam für die Interpretation der VR-Versuche sowie weite
Experimente der vorliegenden Arbeit ist die Erfassung der Au
dominanz, soweit sie sich im Wettstreitverhalten beider Auge
ausdrückt (s. z.B. KÜCHLE & REMKY, 45).
Die Prävalenz eines Halbbildes im Wettstreit kann exogen be-
dingt sein (im Überwiegen eines Halbbildes aufgrund bestimmte
Form-, Farb- oder Bewegungseigenschaften gegenüber dem andere
sie kann auch endogen bedingt sein (durch ein individuelles
Dominanzverhältnis beider Augen). Ein systematischer Positi
wechsel der Halbbilder kann nur einen begrenzten Ausgleich e
möglichen, weil damit zu rechnen ist, daß starke Augendomina
den exogenen Effekt eventuell vollständig überdeckt.
Es ist daher notwendig, einen für die anstehenden Belange hi
reichenden Test zur Feststellung des dominanten Auges ein-
schließlich der Ausprägung des Dominanzgrades (sofern es sic
nicht um ein Alternativmerkmal handelt) anwenden zu können.
Da die üblichen dem Verfasser bekannten Verfahren zu grob od
nicht einschlägig sind (s. die Zusammenstellung bei KÜCHLE &
REMKY, 45 , WALLS, 73), wird ein entsprechender Test für den v
liegenden Bedarf entworfen und an 60 Vpn vorläufig geeicht.
Im Einzelnen ist er unter 9. im Anhang dargestellt.
Dieser ADT (Augendominanztest) liefert in erster Linie eine
Maßzahl AD, die Werte zwischen +100 und -100 annehmen kann.
Hierbei bedeuten positive Werte Rechtsdominanz und negative
Werte Linksdominanz. AD = + 7,47 bedeutet z.B., daß im binok
laren Wettstreit gleichwertiger Halbbilder die Prävalenzzeit
für das rechte Auge diejenigen für das linke Auge um 7,47 % d
gesamten Beobachtungszeit übertreffen (dieser Wert ergibt si
als Mittelwert der Eichstichprobe).

Darüberhinaus wird ein Wert WF ermittelt, der ein Maß für die Frequenz darstellen soll, in der die Halbbilder im Wettstreit alternieren.
Der ADT wird bei jeder Vp im Anschluß an die VR-Experimente durchgeführt.

4.4. Allgemeines zur Terminologie und zur Auswertung

4.4.1. Zur Terminologie

Folgende Begriffsbestimmungen seien vereinbart:
Unter "Halbbildern" seien die beiden stereoskopischen Einzelbilder verstanden, wie sie sich dem Beobachter bei Einzelbetrachtung darstellen. Unter "Sammelbild" sei die Erscheinung verstanden, die sich für den Beobachter bei beidäugiger Betrachtung beider Halbbilder ergibt.
"Dominanz" bezeichnet den Umstand, daß ein Halbbild gegenüber dem anderen im Sammelbild derart überwiegt, daß nur es selbst in Erscheinung tritt. "Suppression" bezeichnet den komplementären Fall. "Prävalenz" bedeutet höheren zeitlichen Anteil eines Halbbildes im "Wettstreit" oder auch sein stärkeres Hervortreten im "Mischbild". Das binokulare "Mischbild" sei als die stabilisierte Sonderform des Wettstreits gefaßt, bei der im Sammelbild ein angenähertes Gleichgewicht zwischen beiden Halbbildern hergestellt ist.
Unter "Kontur" sei jeder eindimensionale Übergang zwischen zwei Farbqualitäten im Gesichtsfeld bezeichnet. Was G. E. MÜLLER als "strichhafte Kontur" bezeichnet, nämlich die Linie, sei hier im Sinne HERINGs und LINSCHOTENs als "Doppelkontur" angesehen.

4.4.2. Zu den Farbbeurteilungen an der VR-Figur

Nach Beobachtungen in Vorversuchen unter freier Kategorisierung ist bezüglich des VR-Effekts mit dem Vorkommen von Beschreibungen innerhalb der folgenden Kategorien zu rechnen:

1. Unter Bezug auf die Innenfärbung des Ringes

(r) = Die Innenfläche des Ringes unterscheidet sich in der Farbe nicht von der bei einem gewöhnlichen Ring, der beidäugig gleich abgebildet wird.

(d) = Das Infeld des Ringes erscheint dunkler oder getönt in Richtung auf die Farbe des Vollkreises.
(w) = Wechselweise prävalieren Ring und Vollkreis; hier auch Graphitglanz und Schimmer.
(v) = Die Figur wird als Vollkreis gesehen.

2. Unter Bezug auf die Farbe des Ringes selbst:

(R) = Die Ringfarbe unterscheidet sich nicht von der Farbe eines beidäugig gleichfarbig abgebildeten Ringes.
(D) = Die Ringfarbe erscheint dunkler oder in Richtung auf die Farbe des Vollkreises getönt.
(W) = Wechselweise prävalieren Ring und Vollkreis.
(V) = Die Figur wird als Vollkreis gesehen.

Im Vorgriff auf die Interpretation der Kategorien ist hier bereits anzumerken: (r) und (v), (R) und (V) werden im Sinne vollständiger Dominanz der jeweiligen Figur gegenüber der anderen gewertet. Die beiden übrigen Formen bedeuten demgegenüber Zwischenformen, (d) und (D) im Sinne einer binokularen Mischfarbe, (w) und (W) im Sinne stärkeren oder schwächeren binokularen Wettstreits.
Von primärer Bedeutung ist das Auftreten der (r)- und (R)-Antworten, insbesondere die Frage nach der Möglichkeit ihrer Koinzidenz mit Tiefenurteilen bei Querdisparation. Hier erfolgt eine einfache Auszählung der Häufigkeiten. Da schon die bloße Möglichkeit der genannten Koinzidenzen von grundsätzlicher Bedeutung ist, ist bereits Einzelfällen erhebliche Beachtung zu schenken.

4.4.3. Zur Beziehung der Farbbeurteilungen zur Augendominanz

Neben der absoluten Häufigkeit von Dominanzen ist das Prävalenzverhältnis beider Halbbilder von Interesse unter Hinblick auf seine Abhängigkeit von der Augendominanz. Getrennt aufgeführt werden die Verteilungen der Urteilshäufigkeiten aus den Teilversuchen R_{dom}, in denen die Ringfigur aufseiten des dominanten Auges liegt, und aus den Teilversuchen V_{dom}, in denen der Vollkreis aufseiten des dominanten Auges liegt. Maßgeblich für diese Trennung ist das jeweilige Vorzeichen des AD-Wertes aus der ADT. Die statistische Prüfung des Urteilsverhaltens gemäß der beiden Bedingungen geschieht in folgenden Schritten:

Für jede Vp wird zunächst für die Fälle, in denen das Halbbild mit der Ringfigur aufseiten des dominanten Auges liegt, die Differenz zwischen der Häufigkeit von (r)-Nennungen und der Häufigkeit von (v)-Nennungen $(f_{(r)} - f_{(v)})_r$ festgestellt. Gleichermaßen wird die Differenz $(f_{(r)} - f_{(v)})_v$ für diejenigen Fälle gebildet, in denen der Vollkreis aufseiten des dominanten Auges liegt. Aus beiden Differenzen ergibt sich die Differenz

$$DD = (f_{(r)} - f_{(v)})_r - (f_{(r)} - f_{(v)})_v$$

Entsprechendes gilt für die Häufigkeiten von (R) und (V). Positive Werte für DD entsprechen der Erwartung, daß die Augendominanz je nach lateraler Applizierung von Ring und Vollkreis den VR-Effekt begünstigen oder ihn hemmen kann. Ist der Wert DD = 0, so kann der Einfluß der Augendominanz als unbedeutend gewertet werden.
Zur Prüfung der Hypothese, daß die Augendominanz in diesem Sinne in bedeutsamem Zusammenhang mit den Farburteilen steht, wird der t-Test für korrelierte Stichproben durchgeführt (s. 10.1.). Dabei gehen die Werte DD unmittelbar als Paardifferenzen ein. Geprüft wird, ob die Hypothese bei einseitiger Fragestellung (nur sie ist hier sinnvoll) mit einer statistischen Sicherheit von $\alpha = 2{,}5$ % angenommen werden kann.

4.4.4. Zum Vergleich der VR-Versuche untereinander

Um einen Vergleich zwischen den VR-Versuchen durchzuführen, wird für jede Vp ein Wert D festgestellt, der ein Maß für die Prävalenzdifferenz der Halbbilder darstellen soll. Unter Einsetzung der bereits für DD bestimmenden Größen ist hier

$$D = f_{(r)} - f_{(v)}$$

Im Vergleich der VR-Versuche untereinander wird die Hypothese geprüft, daß sich die Halbbildprävalenzen mit einer Sicherheit von $\alpha = 5$ % unterscheiden (zweiseitige Fragest.). Dies geschieht wiederum anhand des t-Tests für korr. Stichproben, in den die Differenzen zwischen den D-Werten der jeweils zu vergleichenden Versuche eingehen.

4.4.5. Zu den Tiefenurteilen

Nach den unbestrittenen deskriptiven Gesetzen des binokular Tiefensehens, wie sie E. HERING aufgestellt hat, sind die R tungen "vorn und hinten" durch die Richtung der Disparation festgelegt (HERING spricht von ungekreuzten und gekreuzten pelbildern, meint damit aber nicht die nebeneinander wahrge menen Doppelbilder im heutigen Sinn, sondern die einander e sprechenden Inhalte beider Halbbilder (24 , 51). Hiernach sen sich die Tiefenurteile der VR-Experimente in drei Kateg rien gliedern:

T_+ = Das Tiefenurteil entspricht der erwarteten Richtung,

$T_=$ = Die Vp nimmt nach ihrer Aussage keinen Tiefenunterschi wahr,

T_- = Der angegebene Tiefenunterschied widerspricht der erw teten Richtung.

Ausgezählt werden die Häufigkeiten, mit denen diese Tiefenu teile gemeinsam mit den oben genannten Farburteilen auftret Auch hier haben gesicherte Einzelfälle die gleiche Dignität Aussagen über das Stichprobenkollektiv.

4.5. Experiment VR-1: Zur Infeldhelligkeit beim VR-Effekt

4.5.1. Vorlagen

Von den stereoskopisch dargebotenen Halbbildern enthält das ne schwarz auf weiß gemäß Abb. 7a aufeinanderfolgend die Fi ren Ring-Ring-Vollkreis (R-R-V), das andere die Figuren Rin Vollkreis-Vollkreis (R-V-V). Die Abmessungen sind Abb. 8 z entnehmen. Die Halbbildpaare werden in folgenden Varianten zeigt:

	links	rechts
1.	R-V-V	R-R-V
2.	R-R-V	R-V-V
3.	V-V-R	V-R-R
4.	V-R-R	V-V-R

R = Ring
V = Vollkreis

In der beidäugigen Betrachtung kommen jeweils ein Vollkreis und ein Ring zur Deckung und bilden die kritische Figur VR; links und rechts benachbart liegen die Vergleichsfiguren, bei denen sich zwei gleiche Ringe zu RR und zwei Vollkreise zu VV überlagern.

4.5.2. Versuchsdurchführung

Zunächst erfolgt die Aufforderung zur freien Beschreibung:
"Bitte, schauen Sie mit beiden Augen durchs Okular und beschreiben kurz, was Sie sehen."
In denjenigen Fällen, in denen die Vp innerhalb einer Beobachtungszeit von maximal 10 Sekunden dem VR-Effekt entsprechend sinngemäß zwei schwarze Ringe und einen schwarzen Vollkreis beschreibt, wird sie gebeten:
"Bitte, vergleichen Sie die beiden Ringe miteinander. Sind die eingeschlossenen Flächen von gleicher Helligkeit oder unterschei den sie sich? Beobachten Sie irgendwelche Veränderungen?"
Beobachtungszeit: 10 Sekunden.

4.5.3. Ergebnisse

4.5.3.1. Zur freien Beschreibung
In der freien Beschreibung des Sammelbildes werden in 96 der 100 Fälle zwei schwarze Ringe und ein schwarzer Vollkreis auf weißem Grund geschildert. Nur in vier Fällen lautet die Beschreibung auf einen Ring und zwei Vollkreise. Vp GO und RI sprechen von Glanzeffekten beim mittleren Ring, HP bezeichnet die Erscheinungsweise als "nachbildartig" oder als "spiegelartig".
Vp BA sieht bei der mittleren Figur das weiße Innere als tiefenmäßig vor dem schwarzen Umfeld liegend, GE und UR sehen das Innere als Loch in einem schwarzen Vollkreis. WL berichtet über eine leichte seitliche Bewegung des Inneren gegenüber dem Ringäußeren.

4.5.3.2. Zur Innenhelligkeit der VR-Figur
Die Einzelergebnisse sind Tab. 1 (unter 10.12. im Anhang) zu ent

nehmen. Zusammengefaßt ergeben sich für die vier Teilversuche von VR-1 die folgenden Urteilshäufigkeiten:

Tab. 4: VR-1, Helligkeitsurteile

Variante	(r)	(d)	(w)	(v)	
1.	13	10	2	0	25
2.	13	9	1	2	25
3.	12	11	2	0	25
4.	12	9	2	2	25
Insges.	50	39	7	4	100

Abkürzungen gemäß 4.4.2.
Varianten gemäß 4.5.1.

In der Hälfte aller Fälle lautet das Urteil auf Gleichheit in der Helligkeit der Infelder von VR und RR, nur zu 4% auf Gleichheit von VR mit dem Vollkreis VV. In 39% wird das Innere der kritischen Figur als dunkler beschrieben, in 7% wechselt nach Angabe der Vpn die Erscheinung. Die Verteilung der Urteile ist in allen vier Teilversuchen annähernd gleich.

4.5.3.3. Zur Rolle der Augendominanz

Die im ADT gewonnenen Augendominanzwerte sind ebenfalls Tab. 1 zu entnehmen. Das Verhältnis von links- zu rechtsdominanten Vpn entspricht mit 8:17 dem bekannten Verhältnis von ca. 1:2 in der Gesamtpopulation, das sich auch in der Eichstichprobe des ADT ausdrückt (31,6% : 66,7%).
Trennt man gemäß 4.4.3. die Versuchsergebnisse nach Maßgabe der Augendominanz, so ergibt sich Tab. 5.

Tab. 5: VR-1, Helligkeitsurteile in Abhängigkeit von der Augendominanz

	R_{dom}				V_{dom}				
	(r)	(d)	(w)	(v)	(r)	(d)	(w)	(v)	
Linksdominanz	9	7	0	0	3	7	2	4	32
Rechtsdominanz	22	11	1	0	16	14	4	0	68
Insgesamt	31	18	1	0	19	21	6	4	100

Abkürzungen gemäß 4.4.2. und 4.4.3.

Es zeigt sich, daß dann, wenn der Ring in der kritischen Figur dem dominanten Auge dargeboten wird (R_{dom}), die Anzahl der (r)-Urteile erheblich höher liegt als dann, wenn der Vollkreis auf derselben Seite dargeboten wird.(V_{dom}). Die vier (v)-Urteile stammen von den Vpn JA und PO, die im ADT beide den Grenzwert AD = - 100 erreichen, und treten stets dann auf, wenn der Vollkreis aufseiten des dominanten Auges liegt. Berechnet man den t-Test gemäß 4.4.3. unter Verwendung der DD-Werte als Paardifferenzen, so ergibt sich

$$t = 2{,}32 \quad FG = 24$$

Damit ist mit der vereinbarten Sicherheit von $\alpha = 2{,}5\ \%$ die Hypothese zu akzeptieren, daß die Urteilsverteilung im erwarteten Sinne mit der Augendominanz zusammenhängt. Unter diesem Gesichtspunkt verdienen umso stärker jene 19 Fälle Beachtung, in denen das Urteil (r) entgegen dem nach der Augendominanz zu erwartenden Sinne abgegeben wird.

4.5.4. Interpretation und Diskussion

Innerhalb der Überlegungen, die über die Darstellung der Ergebnisse hinausgehen, sei im Weiteren der Kürze wegen die folgende Symbolik für bekannte Tatsachen des Binokularsehens und ihrer Ausgangsbedingungen gewählt:

(A>B) = A dominiert gegenüber B,
(A+B) = A mischt sich mit B,
(A:B) = A mit B im Wettstreit,
$(A,B)_q$ = A und B sind querdisparat zueinander.

Dem allgemeinen Begriffsgebrauch folgend lassen sich die gefundenen (r)-Antworten interpretieren als (R>V), (v) als (V>R), (d) als (R+V) und (w) als (R:V).

> Mit der Aufstellung dieser Beziehungen ist, streng genommen, bereits der Schritt von einer Phänomenanalyse zu einer funktionalen Betrachtung vollzogen. "Binokulare Dominanz" ist im eigentlichen Sinne kein phänomenologisch zulässiger Begriff, da Dominanz hier die Beziehung zwischen zwei Gegenständen ausdrückt, deren einer per definitionem phänomenal nicht vertreten ist.

Die Ergebnisse des Versuchs bestätigen den VR-Effekt, wenn auch unter Einschränkungen: In 50% der Einzelversuche dominiert klar der Ring (R>V), nur in 4% der Vollkreis (V>R). Die Augen

dominanz spielt hierbei eine bedeutsame Rolle, indem sie das Auftreten von (R>V) begünstigen oder erschweren kann. Der VR-Effekt ist jedoch stark genug, um sich in 19 Fällen auch gegen die Dominanzrichtung durchzusetzen.

> Eine solche Feststellung setzt die Validität des ADT voraus, die noch nicht gesichert ist (s. unter 9.7.). Zum Gebrauch im vorliegenden Rahmen wird die Annahme gemacht, daß sich die Vpn entsprechend der Testanweisung verhalten haben.

Als (R>V) werden gemäß der Anlage des Versuchs nur diejenigen Fälle gewertet, bei denen die Vp keinen Helligkeitsunterschied zwischen den Sammelbildern VR und RR bemerkt. Der Helligkeitsunterschied ist aber, wie die freie Beschreibung zeigt, nicht das einzig mögliche Unterscheidungsmerkmal. Der Befund der Helligkeitsgleichheit ist daher nicht von vornherein identisch mit der Löschung der kontralateralen Figur bezüglich aller ihrer Qualitäten. Als Figur ist der Vollkreis in den Fällen des VR-Effekts phänomenal verschwunden, dennoch macht er sich offenbar in Erscheinungen wie z.B. der Ortslabilität des Ringinnern bemerkbar.
Es erhebt sich nun die Frage, ob im Falle von Querdisparation der so verschwundene Vollkreis tiefenwirksam fungieren kann, ob also $(R>V)_q$ mit einem vergleichbaren Tiefeneffekt verbunden ist wie etwa $(R+V)_q$ oder $(R:V)_q$.

4.6. Experiment VR-2: Querdisparation unter den Bedingungen des VR-Effekts

4.6.1. Vorlagen

Gemäß Abb. 7 und 8 befindet sich in beiden Halbbildern jeweils ein Figurpaar, wobei der horizontale Abstand im einen Halbbild 1° 34' beträgt, im anderen 1° 19'. Die Figurpaare stehen also unter einem Sehwinkel von 15' querdisparat zueinander. Dieser Betrag ist bei vergleichbaren Abstandsverhältnissen für die Wahrnehmung eines Tiefenunterschieds im allgemeinen weit überschwellig.

> Die Angaben für die Tiefenunterschiedsschwelle schwanken bei einem seitlichen Abstand von 1° zwischen 5" und 30".

Der Disparationsgrad liegt innerhalb des PANUMschen Areals, das in seiner horizontalen Ausdehnung fast ausnahmslos mit weit über 3' angegeben wird. Der Entstehun von Doppelbildern ist damit vorgebeugt. Der stark ausgezogene Rahmen um die Figurpaare dient zusätzlich zur Stabilisierung der Konvergenz.
(Schwellenangaben aus 51).

Die beiden Figurpaare der Halbbilder bestehen einerseits aus Ring und Vollkreis, andererseits aus zwei Ringen:

	links	rechts	
1.	$R\text{-}R_{(-)}$	$V\text{-}R_{(+)}$	R = Ring
2.	$V\text{-}R_{(+)}$	$R\text{-}R_{(-)}$	V = Vollkreis
3.	$R\text{-}V_{(-)}$	$R\text{-}R_{(+)}$	(-)= kleinerer Figurabstand
4.	$R\text{-}R_{(+)}$	$R\text{-}V_{(-)}$	(+)= größerer Figurabstand

In allen vier Varianten bilden sich im Sammelbild nebeneinander VR und RR.

4.6.2. Versuchsdurchführung

Nach der freien Beschreibung gemäß 4.5.2. wird die Vp gebeten: "Bitte, achten Sie darauf, ob Ihnen eine der beiden Figuren weiter hinten liegend erscheint. Falls ja, sagen Sie mir bitte welche." Beobachtungszeit: 10 Sekunden.
Falls die Vp zwei Ringfiguren beschrieben hat, erfolgt nun die Aufforderung:
"Bitte, vergleichen Sie die beiden Ringe miteinander. Sind die eingeschlossenen Flächen von gleicher Helligkeit oder unterscheiden sie sich? Beobachten Sie irgendwelche Veränderungen?" Beobachtungszeit: 10 Sekunden.

4.6.3. Ergebnisse

4.6.3.1. Zur freien Beschreibung
In 98 von 100 Fällen werden sinngemäß zwei Ringfiguren beschrieben, hin und wieder mit spontanen Hinweisen auf Unterschiede in der Innenhelligkeit. Zweimal taucht die Beschreibung eines Ringes und einer Scheibe auf. Vp GO sieht innerhalb der kritischen Figur schattenartige Helligkeitsschwankungen, ST spiegelartigen Glanz. GE beschreibt wie in VR-1 das Ringinnere als weißes Loch. ES sieht eine seitliche Bewegung

der Innenfläche. WI stellt ungleichmäßige Dicke des Ringes fest.

4.6.3.2. Zur Innenfärbung der VR-Figur

Die Einzelantworten, die Tab. 2 im Anhang zu entnehmen sind, verteilen sich wie folgt:

Tab. 6: VR-2, Helligkeitsurteile

Variante	(r)	(d)	(w)	(v)	
1.	11	12	2	0	25
2.	14	8	2	1	25
3.	12	9	4	0	25
4.	12	9	3	1	25
Insges.	49	38	11	2	100

Abkürzungen gemäß 4.4.2.
Varianten gemäß 4.6.1.

Die Hälfte aller Urteile lautet auf Gleichheit der Infelder vo VR und RR, zu 2% auf Gleichheit von VR mit einem Vollkreis. Zu 38% wird VR dunkler als RR beschrieben, zu 11% ein Wechsel im Erscheinungsbild. Die Verteilung ist bei allen Varianten ähnlich.

Ähnlichkeit besteht auch zu der Urteilsverteilung in VR-1. Ein Vergleich der Prävalenzwerte nach 4.4.4. ergibt für

$D_{VR-1} - D_{VR-2}$

$$t = 0{,}56 \quad FG = 24$$

Der Unterschied ist nicht signifikant.

4.6.3.3. Zur Rolle der Augendominanz

Tab. 7: VR-2, Helligkeitsurteile in Abhängigkeit von der Augendominanz

	R_{dom} (r)	(d)	(w)	(v)	V_{dom} (r)	(d)	(w)	(v)	
Linksdominanz	11	5	0	0	5	5	4	2	32
Rechtsdominanz	21	12	1	0	14	14	6	0	68
Insgesamt	32	17	1	0	19	19	10	2	100

Abkürzungen gemäß 4.4.2. und 4.4.3.

Liegt die Ringfigur aufseiten des dominanten Auges, so ist auch in diesem Versuch die Anzahl der (r)-Urteile wesentlich höher als im Gegenfall. Die zwei (v)-Urteile stammen von Vp PO (AD = -100). Bei Prüfung der DD-Werte ergibt sich

$$t = 2{,}78 \quad FG = 24$$

Die Hypothese, daß die Urteilsverteilung in erwartetem Sinne mit der Augendominanz zusammenhängt, kann damit auf dem vereinbarten Signifikanzniveau als gesichert gelten.

4.6.3.4. Zur Tiefenlage der VR-Figur

Bei Auszählung der Tiefenurteile ergibt sich die folgende Verteilung:

Tab. 8: VR-2, Tiefenurteile

Variante	T_+	$T_=$	T_-	
1.	22	2	1	25
2.	25	0	0	25
3.	24	0	1	25
4.	25	0	0	25
Insges.	96	2	2	100

Abkürzungen gemäß 4.4.5.
Varianten gemäß 4.6.1.

In fast sämtlichen Fällen entspricht das Tiefenurteil der zu erwartenden Richtung. Bemerkenswert ist, daß die beiden Vpn mit einem AD = -100 in allen acht Teilversuchen den Tiefenunterschied positiv angeben. Die vier abweichenden Tiefenurteile stammen von vier verschiedenen Vpn mit mittleren Augendominanzgraden.

In der Kombination von Infeldfärbung und Tiefenunterschied ergeben sich die folgenden Häufigkeiten:

Tab. 9: VR-2, Kombinationen von Helligkeits- und Tiefenurteil

Tiefe	Helligkeit (r)	(d)	(w)	(v)	
T_+	48	36	10	2	96
$T_=$	0	1	1	0	2
T_-	1	1	0	0	2

Abkürzungen gemäß 4.4.2. und 4.4.5.

Eine Abhängigkeit der Tiefenurteile von der Art der Helligkeit urteile läßt sich nicht erkennen. Fast alle (r)-Urteile gehen mit einem positiven Tiefenurteil einher. Auch in den 19 Fälle von (r), in denen sich gegen die Augendominanzrichtung Gleichheit zwischen VR und RR einstellt, sind bis auf eine Ausnahme die Tiefenurteile positiv.

4.6.4. Interpretation und Diskussion

Es zeigt sich, daß auch unter den durch die leichte Querdisparation veränderten Bedingungen der VR-Effekt unverändert bleib Die Suppressionswirkung der Ringfigur wird ebenso wie in VR-1 in begrenztem Maße von der Augendominanz verstärkt bzw. gehemmt.
Wieder zeigen sich vereinzelt Effekte wie glanzartige Erscheinungen und Ortslabilität des Ringinnern. Die Beschreibung von Vp WI, daß ihr der Ring auf einer Seite dünner erscheine als auf der anderen, ist wahrscheinlich ähnlich zu verstehen wie die seitliche Bewegung, die Vp ES beschreibt: der Innenkontur des Ringes fehlt die Stabilisierung der Lage, wie sie die Außenkontur durch die Grenze des kontralateralen Vollkreises erfährt; dadurch gelangt der Innenbereich zu einer gewissen Selbständigkeit gegenüber dem Außenbereich, die sogar zu seiner figuralen Abhebung führen kann (s. die Beschreibung von BA in VR-1).
Es läßt sich insgesamt feststellen, daß nichts darauf hinweist, bezüglich Farb-, Form- und Bewegungserscheinungen eine nennenswerte Unterscheidung zwischen VR-1 und VR-2 treffen zu müssen. Sind die Erscheinungen, besonders was den Suppressionseffekt betrifft, aber von gleicher Art, so ist das generelle Auftreten positiver Tiefe von entscheidender Bedeutung. Querdisparation bleibt hiernach auch dann noch tiefenwirksam, wenn eine der beiden korrespondierenden Figuren aufgrund bestimmter Merkmale der kontralateralen Figur nicht in Erscheinung tritt. Diese Folgerung bedarf allerdings noch der Abklärung einer Reihe weiterer Fragen.
So muß zunächst die Frage gestellt werden, inwieweit die Interpretation der (r)-Urteile als (R>V) den tatsächlichen Vorgängen entspricht, speziell worauf sich die Suppression ei-

gentlich erstreckt. Was offensichtlich verschwunden ist, ist die Gestalt des Vollkreises. Eine Tiefentheorie, die die gestaltliche Präsenz beider Halbbilder im Sammelbild voraussetzt (s. z.B. bei J. HOCHBERG, 26), ob simultan als Mischbild oder sukzessiv im Wettstreit, ist hiernach nicht haltbar oder verliert zumindest ihre Allgemeingültigkeit. Unberührt aber bleibt die Möglichkeit, daß die ursprünglichen Konturen im Sammelbild erhalten geblieben sind. Dieser Gesichtspunkt ist umso wichtiger, seit LINSCHOTEN die vorrangige Bedeutung der Kontur bei der Tiefenwahrnehmung nachgewiesen hat. Er selbst ist es, der die Frage nach der Präsenz der beidseitigen Konturen im Sammelbild als Problem aufgeworfen hat (51).
Die Experimente VR-1 und VR-2 lassen keine Entscheidung darübe zu, ob die Kontur des Vollkreises der Suppression unterliegt, ob sie mit der Außenkontur des Ringes fusioniert oder ob sie mit ihr in Wettstreit tritt. Zustände oder Vorgänge dieser Ar lassen sich am vorliegenden Material bislang nicht beobachten, da beide Halbbilder gleichfarbig sind.

4.7. Exp. VR-3: Ringfarbe und Infeldfarbe beim VR-Effekt

4.7.1. Vorlagen

Um Wettstreitvorgänge und Mischungszustände in der Ringkontur selbst sichtbar zu machen, müssen beide Halbbilder von unterscheidbarer Qualität sein. Es bietet sich an, Farben zu verwenden, die unterschiedlich im Farbton sind, als binokulare Mischfarbe gegenüber den Ausgangsfarben gut unterscheidbar sind und ein ähnliches Helligkeitsgefälle gegenüber dem Grund haben (vgl. THOMAS, DIMMICK & LURIA, 70).
Die Vorlagen dieses Versuchs bilden Farbphotographien. Die Figuren entsprechen in Form, Größe und Anordnung den in Abb. 7a un 8 wiedergegebenen schwarzen Figuren. Die Farben bestehen in einem mittleren Blau (RAL 5009) und einem leicht ungesättigten Karminrot (RAL 3013), der Grund ist annähernd weiß (RAL 1013, 60).

Der Versuch wird mit den folgenden Varianten durchgeführt:

1.	R_b-V_r-V_r	R_b-R_b-V_r	R = Ring
2.	R_b-R_b-V_r	R_b-V_r-V_r	V = Vollkreis
3.	V_b-V_b-R_r	V_b-R_r-R_r	b = blau
4.	V_b-R_r-R_r	V_b-V_b-R_r	r = rot

In 1. und 2. kommen ein blauer Ring und ein roter Vollkreis, in 3. und 4. ein roter Ring und ein blauer Vollkreis zur Dekkung (R_bV_r und R_rV_b). Die äußeren Figuren sind in 1. und 2. R_bR_b und V_rV_r, in 3. und 4. R_rR_r und V_bV_b.

4.7.2. Versuchsdurchführung

Schildert die Vp in der freien Beschreibung zwei Ringe und einen Vollkreis, so erhält sie nach 10 Sekunden Beobachtungszeit die Aufforderung:
"Bitte, vergleichen Sie die beiden Ringe miteinander. Sind si von gleicher Farbe oder unterscheiden sie sich? Beobachten Si irgendwelche Veränderungen?" Beobachtungszeit: 10 Sekunden.
Hiernach bittet der VL:
"Vergleichen Sie nun das Innere der beiden Ringe miteinander. Ist es in beiden Fällen von gleicher Farbe oder besteht ein Unterschied? Beobachten Sie irgendwelche Veränderungen?"
Beobachtungszeit: 10 Sekunden.

4.7.3. Ergebnisse

4.7.3.1. Zur freien Beschreibung
Bis auf drei Ausnahmen lautet die Beschreibung in allen 100 Teilversuchen auf zwei ringähnliche Figuren oft unterschiedlicher Färbung und einen Vollkreis. In den Ausnahmefällen werde zwei Vollkreise und ein Ring gesehen. Spezifikationen beziehe sich zumeist auf Unterschiede im Farbton (s.u.). GC spricht a einer Stelle von "Schimmer", BA bemerkt wie in VR-1, daß ihr das Ringinnere aufliegend erscheine.

4.7.3.2. Zur Ringfarbe der VR-Figur

Die Schilderungen lassen sich hinsichtlich der Ringfarbe den unter 4.4.2. eingeführten Kategorien subsumieren. Unter (D) fallen dabei die folgenden Bezeichnungen: "dunkler" (bei 15 Vpn), "blaurot" oder "rotblau" (3 Vpn), "violett" (2 Vpn), "gräulich", "schmutzig" und "schwärzlich" (je eine Vp).
Die Einzelergebnisse sind Tab. 2, die Zusammenfassung ist Tab. 10 zu entnehmen.

Tab. 10: VR-3, Farbe des Ringes

Variante	(R)	(D)	(W)	(V)	
1.	1	9	14	1	25
2.	2	10	12	1	25
R_bV_r ges.	3	19	26	2	50
3.	2	19	3	1	25
4.	3	20	2	0	25
R_rV_b ges.	5	39	5	1	50
Insgesamt	8	58	31	3	100

Abkürzungen gemäß 4.4.2.
Varianten gemäß 4.7.1.

Insgesamt nehmen die Angaben über Einfärbungen über die Hälfte aller Urteile ein, ca. ein Drittel entfällt auf Urteile, die Veränderungen in der Erscheinung bezeichnen. Nur zu 8% tauche (R)- und zu 3% (V)-Urteile auf.
Auffällig ist das vermehrte Auftreten von (D) bei R_rV_b gegenüber R_bV_r sowie das gegensinnige Verhalten von (W).

4.7.3.3. Zur Innenfarbe der VR-Figur

Auf die Farbe des Infeldes lassen sich die gleichen Kategorien anwenden wie in Exp. VR-1. Unter (d) fallen folgende Bezeichnungen, die im Vergleich mit dem Infeld von RR gebraucht werden: "dunkler" (13 Vpn), "bläulich" oder "rötlich" (3 Vpn).
Die Einzelergebnisse enthält Tab. 2, einen Überblick gibt Tab. 11.
Hier nehmen die (r)-, (d)- und (w)-Urteile jeweils etwa ein Drittel aller Urteile ein. Diese Verteilung ähnelt der aus VR-1, doch treten in VR-3 vor allem weniger (r)-Urteile auf.

Tab. 11: VR-3, Farbe des Ringinnern

Variante	(r)	(d)	(w)	(v)	
1.	4	6	14	1	25
2.	7	5	12	1	25
R_bV_r ges.	11	11	26	2	50
3.	11	10	3	1	25
4.	13	9	3	0	25
R_rV_b	24	19	6	1	50
Insgesamt	35	30	32	3	100

Abkürzgn. gem. 4.4.2.
Varianten gem. 4.7.1.

Die Paardifferenzen $D_{VR-1} - D_{VR-3}$ ergeben gemäß 4.4.4.

$t = 2{,}01 \quad FG = 24$

Die Nullhypothese, daß kein Unterschied besteht, ist hiernach beizubehalten.

4.7.3.4. Zur Rolle der Augendominanz

Für die Beurteilung der Ringfarbe nach Maßgabe der Augendominanz ergibt sich Tab. 12.

Tab. 12.: VR-3, Ringfarbe in Abhängigkeit von der Augendomina

	R_{dom}				V_{dom}				
	(R)	(D)	(W)	(V)	(R)	(D)	(W)	(V)	
Linksdominanz	4	11	1	0	0	8	6	2	32
Rechtsdominanz	3	20	11	0	1	19	13	1	68
Insgesamt	7	31	12	0	1	27	19	3	100

Abkürzungen gemäß 4.4.2. und 4.4.3.

(R) wird unter der Bedingung R_{dom} häufiger als unter der Bedingung V_{dom} genannt. Umgekehrt verhält es sich mit der Häufigkeit von (V). Die DD-Werte ergeben bei Verrechnung nach 4.4.4

$t = 2{,}22 \quad FG = 24$

Mit einer statistischen Sicherheit von $\alpha = 2{,}5\%$ ist die Hypothese anzunehmen, daß die Urteilsverteilung im erwarteten Sinn mit der Augendominanz zusammenhängt.

Eine Aufschlüsselung der Beurteilung des Ringinnern nach Maßgabe der Augendominanz gibt Tab. 13 wieder.

Tab. 13: VR-3, Infeldfarbe in Abhängigkeit v. d. Augendominanz

	R_{dom}				V_{dom}				
	(r)	(d)	(w)	(v)	(r)	(d)	(w)	(v)	
Linksdominanz	8	7	1	0	2	6	6	2	32
Rechtsdominanz	13	10	11	0	10	7	16	1	68
Insgesamt	21	17	12	0	12	13	22	3	100

Abkürzungen gemäß 4.4.2. und 4.4.3.

Es zeigt sich hier ein ähnliches Bild. Aus der Verrechnung der DD-Werte ergibt sich

$$t = 2{,}31 \qquad FG = 24$$

Der angesprochene Zusammenhang erweist sich auch hier als signifikant.

4.7.3.5. Zum Vergleich von Ringfarbe und Infeldfarbe

Besonders zu vermerken ist der Unterschied in der Beurteilung des Ringes gegenüber der Beurteilung seines Infeldes. Vor alle treten beim Ring seltener Urteile über Reinfarbigkeit auf und umso mehr Urteile, die Mischfarben bezeichnen. Ein statistischer Vergleich gemäß 4.4.4., der sich annahnd der Differenzen der unter beiden Aspekten gewonnenen D-Werte $D_{Ring} - D_{Infeld}$ durchführen läßt, ergibt

$$t = 4{,}09 \qquad FG = 24$$

Die Hypothese auf Unterschiedlichkeit ist mit einer Sicherheit von $\alpha = 1\%$ anzunehmen.

Die Art des Unterschieds wird an Tab. 14 deutlich. Hier sind die Häufigkeiten innerhalb aller Merkmalskombinationen eingetragen. In fast drei Vierteln aller Fälle entsprechen die Angaben über die Erscheinungsweise des Ringinnern denen über die des Ringes selbst. Der oben gesicherte Unterschied rührt daher, daß ein Viertel aller Fälle durch die Kombination von Urteilen bestritten wird, in denen das Ringinnere als ungefärbt, der Ring selbst aber als gefärbt bezeichnet wird.

Tab. 14: VR-3, Kombinationen von Ring- und Infeldfarbe

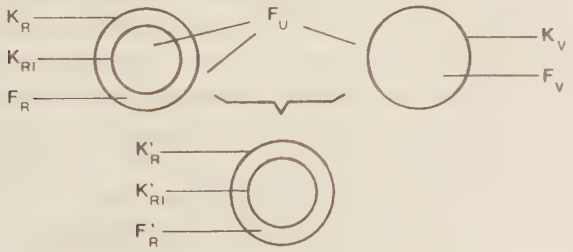
		Ring (R)	(D)	(W)	(V)	
Infeld	(r)	8	27	0	0	35
	(d)	0	30	0	0	30
	(w)	0	1	31	0	32
	(v)	0	0	0	3	3
		8	58	31	3	100

Abkürzungen gemäß 4.4.2.

4.7.4. Interpretation und Diskussion

Der Suppressionseffekt ist, soweit er das Ringinnere betrifft, dem in VR-1 festgestellten vergleichbar. Zwar insgesamt labiler (mehr (R:V)-Fälle) und weniger intensiv (weniger (R>V)-Fälle), ist er doch in gut einem Drittel aller Fälle so vollständig, daß der Vollkreis als solcher nicht mehr in Erscheinung tritt.

Anders dagegen verhält sich der Ring selbst. Hier macht sich der Vollkreis durch Einfärbung des Sammelbildes oder durch Wettstreit in der überwiegenden Zahl der Fälle bemerkbar, wobei sich (R+V) und (R:V) im Häufigkeitsverhältnis von ca. 2:1 gegenüberstehen. Damit werden hier tatsächlich binokulare Interaktionsformen sichtbar, die bei den schwarz-weißen Figuren in VR-1, sofern sie dort ebenfalls stattfinden, nicht in Erscheinung treten können. Besonders wichtig sind jene 27 Fälle von Kontureinfärbung, die mit einer vollständigen Löschung des Ringinnern einhergehen. Sie werfen ein besonderes Licht auf den VR-Effekt und gestatten die folgende Analyse (s. Abb. 10):



Abkürzungen gemäß 4.7.4.

Abb. 10: Zur Analyse des VR-Effekts

Die äußere Kontur K_R des Ringes, gebildet durch den Übergang der Farbe F_R zur Farbe F_U, kommt mit der Kontur K_V des Vollkreises, dem Übergang von F_V zu F_U, zur Deckung. Die Innenkontur K_{RI} des Ringes, ebenfalls gebildet durch einen Übergang von F_R zu F_U, kommt zur Deckung mit der in diesem Bereich konturlosen Fläche F_V des Vollkreises. Während gemäß dem Konturprozeß K_{RI} den Mittelteil von F_V mehr oder weniger vollständig supprimier vereinigen sich die äußeren Konturen beider Figuren. Die unmittelbaren Grenzbereiche mischen ihre Farben oder gehen einen Wettstreit ein. In Erscheinung tritt der Ring mit den Konturen K'_R und K'_{RI} und in der Farbe F'_R.
Außen- und Innenkontur des Ringes fungieren demnach in einer gewissen Unabhängigkeit voneinander. Als Ausdruck einer solchen Unabhängigkeit wurde an anderer Stelle bereits die Ortslabilität des Ringinnern gegenüber dem eigentlichen Ring verstanden. Indem der Ring nicht als Linie betrachtet wird, sondern als zwei Konturen, läßt sich der VR-Effekt also im Rahmen bestehender Prinzipien erklären.
Das Experiment VR-3 liefert das Ergebnis, daß in vielen Fällen die Kontur des Vollkreises in Erscheinung tritt, gleichzeitig aber der Vollkreis als solcher verschwunden bleibt. Damit zeigt sich, daß Figurbildung bei einer in sich zurücklaufenden Kontur (Faktor der Geschlossenheit) durch binokulare Interaktion verhindert werden kann.

An dieser Stelle sei ein grundsätzlicher Exkurs gestattet. Bei obiger Analyse wird nicht von der phänomenalen Erscheinung des Ringes als Kreisgrenze mit einseitiger Wirkung ausgegangen (vgl. RUBIN, 64 , METZGER, 54), sondern im Zuge der funktionalen Betrachtung ein gewisser Elementarismus in Kauf genommen. Die Betrachtungsweise kann als methodischer Elementarismus bezeichnet werden. Sie ist elementaristisch insofern als sie analytisch trennt, was anschaulich zusammengehört. Sie ist methodisch insofern, als sie ihren Ausgang von der gestaltpsychologischen Betrachtungsweise nimmt. Sie rechtfertigt sich mit dem Erfolg, den sie möglicherweise in der Anwendung auf bestimmte Gegenstandsbereiche hat. Ein solcher Gegenstandsbereich könnte die binokulare Interaktion sein. Inwieweit sie sich rechtfertigt, wird sich im Weiteren zeigen.

4.8. Experiment VR-4: Vergleich der Ringfarbe mit der binokularen Mischfarbe

Bislang wird unterstellt, daß die in VR-3 unter der Kategorie (D) abgebuchte Ringfarbe der binokularen Mischfarbe aus Rot und Blau entspricht. Diese Annahme ist aber gesondert zu prüfen, da in VR-3 neben dem Farbunterschied (farbverschiedene Korrespondenz) auch ein Formunterschied besteht (formverschiedene Korrespondenz). Von vornherein nicht auszuschließen ist die Möglichkeit, daß die Tatsache der formverschiedenen Korrespondenz allein bereits einen Einfluß auf die Farbe des Ringes im Sammelbild haben könnte.

4.8.1. Vorlagen

Die Farben des Darbietungsmaterials sowie seine Abmessungen entsprechen denen in VR-3. Folgende Varianten bestehen:

1.	R_b-V_r-R_r	R_b-R_b-R_b	R = Ring
2.	R_b-R_b-R_b	R_b-V_r-R_r	V = Vollkreis
3.	R_b-V_b-R_r	R_r-R_r-R_r	b = blau
4.	R_r-R_r-R_r	R_b-V_b-R_r	r = rot

Im Sammelbild ist die kritische Figur V_rR_b oder V_bR_r jeweils durch zwei Ringe benachbart, die formgleich korrespondieren. Auf der einen Seite besteht jeweils farbgleiche Korrespondenz. (R_rR_r oder R_bR_b), auf der anderen Seite farbverschiedene Korrespondenz (R_rR_b oder R_bR_r).

4.8.2. Versuchsdurchführung

Der Versuch beginnt wieder mit der Aufforderung zur freien Beschreibung. Beschreibt die Vp drei Ringe, so wird sie gebeten: "Bitte, vergleichen Sie den mittleren Ring mit den beiden äußeren. Welchem von beiden ist der mittlere Ring in der Farbe ähnlicher? Beobachten Sie irgendwelche Veränderungen?" Beobachtungszeit: 10 Sekunden.

4.8.3. Ergebnisse

4.8.3.1. Zur freien Beschreibung

Bis auf drei Fälle, in denen die kritische Figur als Scheibe beschrieben wird, lautet die Schilderung auf drei Ringe. Weitere Bemerkungen beziehen sich ausschließlich auf die Farberscheinung, die in ihrer Art denen in 4.7.3.2. entsprechen.

4.8.3.2. Zum Vergleich der Ringfarben

Die Urteile der Vpn lassen sich in leichter Modifikation der bisherigen Kategorien folgendermaßen untergliedern:

(R) = Der kritische Ring VR erscheint eher in der Farbe des Ringes farbgleicher Korrespondenz,

(D) = VR erscheint eher in der Farbe des Ringes farbverschiedener Korrespondenz,

(W) = eine eindeutige Zuordnung ist wegen des Wechsels des Erscheinungsbildes nicht möglich,

(V) = Die kritische Figur erscheint als Vollkreis.

Die Ergebnisse im einzelnen enthält Tab. 3 im Anhang.
Tab. 15 gibt den folgenden Überblick:

Tab. 15: VR-4, Ergebnisse des Farbvergleichs

Variante	(R)	(D)	(W)	(V)	
1.	4	10	9	2	25
2.	3.	13	9	0	25
V_rR_b ges.	7	23	18	2	50
3.	6	16	2	1	25
4.	7	16	2	0	25
V_bR_r ges.	13	32	4	1	50
Insgesamt	20	55	22	3	100

Abkürzungen gem. 4.8.3.2.
Varianten gem. 4.8.1.

In mehr als der Hälfte aller Urteile wird die Mischfarbe als die ähnlichere Farbe gewählt, zu 20% die reine Farbe. Dieses Verhältnis findet sich in vergleichbarer Weise sowohl unter V_rR_b wie unter V_bR_r. Ein Unterschied besteht hauptsächlich im Anteil der Urteile (W), der bei V_rR_b relativ höher liegt.

4.8.3.3. Zur Rolle der Augendominanz

Die Trennung der Urteile gemäß der Augendominanz führt zur folgenden Verteilung:

Tab. 16: VR-4, Die Ringfarbe in Abhängigkeit von der Augendominanz

	R_{dom}				V_{dom}				
	(R)	(D)	(W)	(V)	(R)	(D)	(W)	(V)	
Linksdominanz	7	9	0	0	5	5	3	3	32
Rechtsdominanz	5	21	8	0	3	20	11	0	68
Insgesamt	12	30	8	0	8	25	14	3	100

Abkürzungen gemäß 4.8.3.2. und 4.4.3.

Das Verhältnis von (R) zu (V) unterscheidet sich in beiden Fällen im erwarteten Sinne, doch ist dieser Unterschied nicht sehr ausgeprägt. Die Verrechnung der DD-Werte gemäß 4.4.3. ergibt

$$t = 1{,}43 \quad FG = 24$$

Der Unterschied ist hiernach nicht bedeutsam.

4.8.4. Interpretation und Diskussion

Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß die Ringfarbe der VR-Figur als binokulare Mischfarbe angesehen werden kann. Neben der Tatsache, daß in der überwiegenden Zahl der Fälle größere Ähnlichkeit zu dem Ring farbverschiedener Korrespondenz festgestellt wird als zu dem Ring farbgleicher Korrespondenz, ist unter Bezug auf die 20 Gegenfälle zweierlei zu bedenken:

1. In der binokularen Interaktion verhalten sich nicht alle Gebiete des Sammelbildes synchron. Während in dem einen Bereich das eine Halbbild dominiert, kann bei gleichen Prävalenzbedingungen ein anderer Bereich supprimiert sein (vgl. die Beobachtungen während der Eichung des ADT). Durch die sich daraus ergebende Störung des Vergleichs von Figuren aus verschiedenen Blickfeldpartien erfahren die Beurteilungen notwendig eine gewisse Streuung.
2. Entscheidender noch ist wahrscheinlich ein Umstand, der sich schon aus der Interpretation von VR-3 ergibt (s. Abb. 10).

Während die Farbe der Fläche F'_R im Sammelbild seitens des Vollkreises nur von der Kontur K_V mitbestimmt wird, sind seitens des Ringes zwei Konturen, K_R und K_{RI}, an der Farbgebung beteiligt. Es ist daher anzunehmen, daß im Ring des Sammelbildes die Farbe des Vollkreises weniger zur Geltung kommt als di des kontralateralen Ringes, die Mischfarbe also in Richtung au die der Ringfarbe F_R verschoben ist. Hieraus ist zu folgern, daß die Farbe F'_R zwischen der Farbe des Ringes farbgleicher Korrespondenz und der des Ringes farbverschiedener Korrespondenz liegen muß. Daß dennoch zum größten Teil eine stärkere Ähnlichkeit mit dem zweitgenannten Fall festgestellt wird, macht deutlich, wie stark die Kontur des verschwundenen Vollkreises fungiert.

4.9. Experiment VR-5: Vergleich der Ringfarbe mit der Farbe eines kontralateral unbesetzten Ringes

Es könnte der Einwand erhoben werden, daß die Färbung, die sich in den (D)-Urteilen der Experimente VR-3 und VR-4 ausdrückt, tatsächlich nicht eine Mischfarbe ist, sondern möglicherweise eine korrelative Erscheinung zum Suppressionsprozeß. Es wäre demnach denkbar, daß der Vollkreis einschließlich seiner Kontur unterdrückt wird und daß mit eben dieser Suppressio des kontralateralen Halbbildes eine besondere Färbung der dominanten Figur einhergeht, die von einer Mischfarbe prinzipiel zu unterscheiden ist.

4.9.1. Vorlagen

In den Abmessungen und Farben der Vorlagen der letztgenannten Versuche, aber unter Auslassung einer der Nachbarfiguren in einem der Halbbilder, finden folgende Vorlagen Verwendung:

	links	rechts	
1.	F_w-V_r-R_r	R_b-R_b-R_b	R = Ring
2.	R_b-R_b-R_b	F_w-V_r-R_r	V = Vollkreis
3.	R_b-V_b-F_w	R_r-R_r-R_r	F_w = weiße Fläche
4.	R_r-R_r-R_r	R_b-V_b-F_w	r, b = rot, blau

In allen Varianten stehen für den Vergleich mit der VR-Figur zur Verfügung einerseits ein Ring farbverschiedener Korrespondenz (R_bR_r oder R_rR_b), andererseits ein Ring, der mit einer umfeldfarbigen konturfreien Fläche korrespondiert.

4.9.2. Versuchsdurchführung

Der Verlauf mitsamt der Anweisung gleicht dem von Exp. VR-4.

4.9.3. Ergebnisse

4.9.3.1. Zur freien Beschreibung

In zwei Fällen (beide Vp PO) wird die kritische Figur als Vollkreis beschrieben und gleichzeitig die Stelle mit dem nur unilateral vertretenen Ring als völlig (!) leere weiße Fläche. In einer Reihe weiterer Fälle wechselt das Erscheinungsbild, wobei der unilaterale Ring gelegentlich verschwindet. Unter den spontanen Farbbeschreibungen finden sich keine, die von denen der vorigen Experimente abweichen. Vp BA schildert das Innere von VR wiederum als kleine Scheibe, die über der Ebene einer größeren Scheibe schwebt.

4.9.3.2. Zum Vergleich der Ringfarben

Die Kategorie (R) bedeutet im Folgenden, daß VR in seiner Färbung dem unilateral vertretenen Ring im Sammelbild entspricht. Die übrigen Kategorien behalten ihre Bedeutung bei.
Tabelle 3 enthält die Einzelergebnisse. Insgesamt ergibt sich:

Tab. 17: Ergebnisse des Farbvergleichs

Variante	(R)	(D)	(W)	(V)	
1.	6	7	11	1	25
2.	4	10	11	0	25
V_rR_b ges.	10	17	22	1	50
3.	7	16	1	1	25
4.	6	15	4	0	25
V_bR_r ges.	13	31	5	1	50
Insgesamt	23	48	27	2	100

Abkürzungen gemäß 4.8.3.2. und 4.9.3.2.
Varianten gemäß 4.9.1.

Auch hier nimmt die Anzahl der Antworten, die auf eine größere Ähnlichkeit zum Mischbild der roten und blauen Figur hinweisen den größten Anteil ein. Größere Ähnlichkeit zu der unilateralen Ringfigur wird nur halb so oft beschrieben.

4.9.3.3. Zur Rolle der Augendominanz

Auf die Augendominanz bezogen ergeben sich die folgenden Urteilshäufigkeiten:

Tab. 18: Die Urteile unter Bezug auf die Augendominanz

	R_{dom}				V_{dom}				
	(R)	(D)	(W)	(V)	(R)	(D)	(W)	(V)	
Linksdominanz	7	8	1	0	7	4	3	2	32
Rechtsdominanz	6	19	9	0	3	17	14	0	68
Insgesamt	13	27	10	0	10	21	17	2	100

Abkürzungen gemäß 4.8.3.2. und 4.4.3.

Wie im vorigen Experiment macht sich auch hier die Augendominanz nicht wesentlich bemerkbar. Die Verrechnung der DD-Werte ergibt

$$t = 0{,}93 \qquad FG = 24$$

Der Unterschied ist nicht bedeutsam.

4.9.4. Interpretation und Diskussion

Die Deutung der Befunde aus VR-4 bestätigt sich. Auch im Vergleich mit der Erscheinungsweise der unilateral gebotenen Figur, die in 98% aller Fälle über die kontralaterale Fläche dominiert, überwiegt die Ähnlichkeit mit dem Mischbild aus blau und rot. Die Einfärbung von VR ist also als Farbmischungsergebnis zu verstehen und nicht als die möglicherweise besondere Färbung einer dominanten Figur.

Hinzu kommt ein unerwarteter Nebenbefund. Bei extremer Augendominanz kann eine konturlose Fläche gegenüber einer Kontur dominieren. Erneut sei hier auf den Vortest hingewiesen, in dem alle Vpn zu diesen Versuchen in der Lage waren, in eineläugiger Betrachtung eine Scharfeinstellung des Stereoskops vornehmen zu lassen. Vp PO ist also nicht auf einem Auge blind.

Es kann vom Gesamtergebnis der zuletzt referierten Experimente her davon ausgegangen werden, daß innerhalb der VR-Figur im Sammelbild auch bei Verschwinden der Vollkreisfläche die Vollkreiskontur meistens erhalten bleibt. Der Vollkreis als gestaltliches Phänomen verschwindet zwar, seine Kontur dagegen fusioniert mit der Außenkontur des Ringes und wird auf diesem Wege im Sammelbild dessen figürlicher Bestandteil. Als solcher Bestandteil läßt sich die Grenze des Vollkreises nur noch artefiziell wie in den obigen Experimenten identifizieren.

4.10. Experiment VR-6: Querdisparation unter der Bedingung farbdifferenter VR-Figuren

Zu prüfen bleibt, ob hinsichtlich der Tiefenwirkung bei Querdisparation sich die buntfarbige VR-Figur ebenso verhält wie die schwarze in Experiment VR-2. Von besonderem Interesse ist dabei, ob zwischen dem Grad der kontralateralen Dominanz und der Wirksamkeit der Querdisparation eine Beziehung besteht.

4.10.1. Vorlagen

In den Größen- und Abstandsverhältnissen aus VR-2 und den Farben aus Experiment VR-3 besteht das Vorlagenmaterial aus folgenden acht Varianten:

	links	rechts
1.	R_b-$R_{b(-)}$	V_r-$R_{b(+)}$
2.	V_r-$R_{b(+)}$	R_b-$R_{b(-)}$
3.	R_b-$R_{b(+)}$	R_b-$V_{r(-)}$
4.	R_b-$V_{r(-)}$	R_b-$R_{b(+)}$
5.	R_r-$V_{b(+)}$	R_r-$R_{r(-)}$
6.	R_r-$R_{r(-)}$	R_r-$V_{b(+)}$
7.	V_b-$R_{r(-)}$	R_r-$R_{r(+)}$
8.	R_r-$R_{r(+)}$	V_b-$R_{r(-)}$

R = Ring
V = Vollkreis
b = blau
r = rot
(-) = kleinerer Figurabstand
(+) = größerer Figurabstand

Der Grad der Querdisparation ist in allen Fällen identisch mit dem in Exp. VR-2. Die VR-Figur ist im Sammelbild jeweils von einem farbgleich korrespondierenden Ring benachbart.

4.10.2. Versuchsdurchführung

Nach der Bitte um freie Beschreibung und einer Beobachtungszei von 10 Sekunden erfolgt die Aufforderung:
"Bitte, achten Sie darauf, ob Ihnen eine der beiden Figuren weiter hinten liegend erscheint. Falls ja, sagen Sie mir bitt welche." Beobachtungszeit 10 Sekunden.
Wenn die Vp zwei ringartige Figuren beschrieben hat, erhält si die Aufgabe:
"Bitte, vergleichen Sie die beiden Ringe miteinander. Besteht zwischen beiden ein farblicher Unterschied? Beobachten Sie irgendwelche Veränderungen?" Beobachtungszeit 10 Sekunden.

4.10.3. Ergebnisse

4.10.3.1. Zur freien Beschreibung
In 196 der 200 Teilversuche weisen die Spontanbeschreibungen auf zwei Ringe hin, oft als unterschiedlich oder wechselnd gefärbt. In vier Beschreibungen (von Vp PO) tritt der Vollkreis als Figur auf.
Vp ES berichtet wie in VR-2 von einer leichten seitlichen Bewegung des Ringinnern als kleinem Scheibchen gegenüber einem darunterliegenden Vollkreis.

4.10.3.2. Zur Ringfarbe
Die Kategorien und Farbbezeichnungen sind äquivalent zu denen in VR-3. Die Einzelergebnisse stehen in Tab. 3. Tab. 19 gibt die Gesamtergebnisse wieder.
In mehr als der Hälfte aller Fälle wird ein farblicher Unterschied im Sinne von (D) beschrieben. In gut einem Viertel der Beobachtungen wechselt die Erscheinung. Nur zu 11% sind Gleichheitsurteile vertreten. Damit ist die Urteilsverteilung ähnlich wie die in VR-3. Ein Vergleich gemäß 4.4.4. erbringt für $D_{VR-3} - D_{VR-6}$ nach Halbierung der D-Werte dieses Versuchs (zufolge doppelter Urteilshäufigkeiten)

$$t = 1{,}16 \qquad FG = 24$$

Der Unterschied ist nicht signifikant.
Dagegen macht sich auch hier wieder der Zusammenhang der Urteil

Tab. 19: VR-6, Farbe des kritischen Ringes

Variante	(R)	(D)	(W)	(V)	
1.	2	12	11	0	25
2.	0	12	12	1	25
3.	1	11	13	0	25
4.	0	13	11	1	25
V_rR_b ges.	3	48	47	2	100
5.	2	20	2	1	25
6.	3	20	2	0	25
7.	8	14	2	1	25
8.	6	16	3	0	25
V_bR_r ges.	19	70	9	2	100
Insgesamt	22	118	56	4	200

Abkürzungen gemäß 4.4.2.
Varianten gemäß 4.10.1.

mit der Farbgebung der Figuren bemerkbar. Bei V_rR_b treten gegenüber V_bR_r relativ wenig (R)- und (D)-Antworten auf und umso mehr (W)-Antworten. Verrechnet man $D_{V_rR_b} - D_{V_bR_r}$ gemäß 4.4.4., so ergibt sich

$$t = 3{,}29 \qquad FG = 24$$

Hiernach ist statistisch gesichert, daß die Farbe des Rings in VR stärker hervortritt, wenn sie rot ist anstatt blau.

4.10.3.3. Zur Rolle der Augendominanz

Tab. 20: VR-6, die Farburteile unter Bezug auf die Augendominanz

	R_{dom}				V_{dom}				
	(R)	(D)	(W)	(V)	(R)	(D)	(W)	(V)	
Linksdominanz	9	20	3	0	7	12	9	4	64
Rechtsdominanz	6	42	20	0	0	44	24	0	136
Insgesamt	15	62	23	0	7	56	33	4	200

Abkürzungen gemäß 4.4.2. und 4.4.3.

In der Urteilsverteilung sind leichte Unterschiede im Sinne der Erwartung zu verzeichnen. Die Verrechnung der DD-Werte ergibt

$t = 1{,}73 \quad FG = 24$

Der beobachtete Unterschied kann hier nur für ein $\alpha = 5\%$ als gesichert gelten (eins. Fragestellung).

4.10.3.4. Zur Tiefenlage der VR-Figur

In den Tiefenurteilen wird gemäß VR-2 zwischen T_+, $T_=$ und T_- unterschieden. Innerhalb der Varianten des Versuchs zeigen sich folgende Ergebnisse (im einzelnen siehe Tab. 3):

Tab. 21: VR-6, Tiefenurteile

	T_+	$T_=$	T_-	
1.	24	0	1	25
2.	25	0	0	25
3.	25	0	0	25
4.	23	1	1	25
5.	22	0	3	25
6.	24	0	1	25
7.	23	1	1	25
8.	24	0	1	25
Insgesamt	190	2	8	200

Abkürzungen gemäß 4.4.5.
Varianten gemäß 4.10.1.

Zu 95% fallen die Tiefenurteile in der nach der Disparation zu erwartenden Richtung aus. Hierin entspricht das Ergebnis dem aus VR-2, wo bei Vorlage von schwarzen Figuren 96% positive Tiefenurteile abgegeben werden. Besonders zu verzeichnen ist der Umstand, daß die beiden extremäugigen Vpn JA und PO nur in einer von 16 Beobachtungen ein Tiefenurteil in Abweichung von der Erwartungsrichtung abgeben.(vgl. den entsprechenden Befund in VR-2).

Tab. 22: VR-6, Kombinationen von Farb- und Tiefenurteilen

		Farbe (R)	(D)	(W)	(V)	
Tiefe	T_+	21	111	54	4	190
	$T_=$	1	0	1	0	2
	T_-	0	7	1	0	8
		22	118	56	4	200

Abkürzungen gemäß 4.4.2. und 4.4.5.

Offensichtlich besteht keine Abhängigkeit der Tiefenurteile von bestimmten Farburteilen. Besonders bemerkenswert ist, daß in 21 von 22 Fällen auch dann die Tiefe der Erwartungsrichtung entspricht, wenn gleichzeitig Farbgleichheit beider Ringe im Sammelbild beschrieben wird.

4.10.4. Interpretation und Diskussion

In der Mehrzahl der Fälle ist auch hier wieder eine Farbmischung zu verzeichnen, die sich im Ring bemerkbar macht. Dabei fungiert die Kontur des Vollkreises wieder im angesprochenen Sinne. Eindeutig ist der Befund, daß auch bei farb- und formverschiedener Korrespondenz die Querdisparation ihre Aufgabe erfüllt. Vor allem aber sind die Fälle interessant, in denen die Vpn nach ihrer Aussage keinen Farbunterschied zum benachbarten Ring, also keine Tönung durch die Farbe des Vollkreises bemerken. Wenn man die Angaben der Vpn als sprachliche Wiedergaben von tatsächlich Wahrgenommenem wertet, so ist in diesen Fällen nicht nur der Vollkreis als Figur, sondern auch seine Konturfarbe verschwunden. Trotz dieser total scheinenden Suppression erweist sich in 21 von 22 Fällen die Querdisparation als effektiv.
Daß die Tiefenfunktion nicht nur bei exogener, sondern auch bei endogener Halbbilddominanz erhalten bleiben kann, zeigt sich an den beiden extremäugigen Vpn. Daß auch bei ihnen in fast allen Fällen Tiefe in erwarteter Richtung auftritt, trägt zur Objektivierung des vorhergenannten Befundes bei.

4.11. Zusammenfassung der Befunde der VR-Experimente

In VR-1 wird festgestellt, daß bei binokularer Verschmelzung eines schwarzen Vollkreises von 1° Durchmesser mit einem gleichgroßen schwarzen Ring der Vollkreis als Figur fast nie in Erscheinung tritt.
VR-2 prüft, ob bei Querdisparation der Effekt erhalten bleibt und hierbei doch Tiefe auftritt. Beides bestätigt sich. Allerdings wird bezweifelt, daß die Suppression sich auch auf den Bereich der Kontur des Vollkreises bezieht.

In VR-3 werden zur Prüfung dieser Frage die korrespondierenden VR-Figuren verschiedenfarbig dargeboten. Nunmehr zeigt sich zu größten Teil, wenn auch nicht immer, eine Einfärbung des Ringes in Richtung auf die Vollkreisfarbe. Dies ist auch dann zu beobachten, wenn der Innenbereich des Vollkreises weiß ist.
VR-4 bestätigt die Annahme, daß es sich bei der in VR-3 beobachteten Einfärbung um eine Einfärbung der Art handelt, die sich bei Verschmelzung von farbverschiedenen, aber formgleichen Figuren ergibt.
VR-5 führt zur Ablehnung der Hypothese, daß die in VR-3 beobachtete Einfärbung ein Korrelat zum Suppressionsprozeß unabhängig von der unterdrückten Farbqualität ist.
VR-6 stellt die Tiefenwirksamkeit von Querdisparation für den Fall fest, daß die Bedingungen aus VR-2 und VR-3 kombiniert werden. Bemerkenswerterweise zeigt sich ungeminderte Tiefenwirkung in fast allen Fällen, auch in denen, in denen der Vollkreis auch nicht durch eine Einfärbung des Ringes in Erscheinung tritt.

Die Ergebnisse an buntfarbigen Figuren sagen natürlich nichts über die Verhältnisse bei schwarz-weißen, gleichfarbig und gleichförmig korrespondierenden Figuren aus. Dies ändert jedoch nichts an der bereits jetzt zu machenden Feststellung, daß die für das Zustandekommen binokularer Tiefe vorauszusetzenden Halbbilder nicht notwendig beide farblich im Sammelbild präsent sein müssen, weder simultan nach Art binokularer Farbenmischung noch sukzessiv nach Art binokularen Wettstreits.
Bevor eine solche Feststellung endgültig getroffen werden kann, bedarf sie anderweitiger Bestätigung. Dies umso mehr, als sich folgendes Problem stellt:
Selbst unter der Voraussetzung, daß die kontralaterale Figur einschließlich ihres Farbtons vollständig verschwunden ist, ist nicht notwendig zu folgern, daß die Kontur als solche dem Suppressionsprozeß anheimfällt. Jene 21 Fälle in VR-6 lassen sich zumindest im Rahmen einer Denkmöglichkeit so deuten:
Die Farbqualitäten aus der Umgebung der Vollkreiskontur gehen im Sammelbild verloren. Funktional wirksam aber bleibt der Helligkeitssprung. Dieser ist im Sammelbild vorhanden, kann in den Farbbeschreibungen aber nicht zum Ausdruck kommen. Denkbar wäre also, daß sich im Wahrnehmungsprozeß der Farbsprung als

solcher von den Farbqualitäten nach dem Differentialprinzip abspalten kann.
Diesem Einwand folgend ist die Untersuchungsfrage wieder neu zu formulieren:
Vorausgesetzt, es läßt sich eine Wahrnehmungssituation erstellen, in der bestimmte Halbbildkonturen in Farbton und Farbsprung supprimiert sind - tritt dann bei Anwendung von Querdisparation auf solche Bedingungen Tiefe auf oder nicht?

Der VR-Effekt vermag die Forderung nach solchen Bedingungen nicht zu erfüllen. Im nächsten Experiment wird versucht, die notwendigen Voraussetzungen durch eine Kombination des PANUM-Effekts mit dem WITTE-KÖNIG-Effekt herzustellen.

5. Experimente zum Effekt von Querdisparation bei phänomenaler Absenz von Konturen. Kombination von WITTE-KÖNIG- und PANUM-Effekt (PW-Experimente)

5.1. Exp. PW-1 bis PW-3: Disparation zu supprimierten Konturen im Vergleich zu normaler Quer- und Schrägdisparation

5.1.1. Vorüberlegungen und Fragestellung

Bietet man im Stereoskop dem einen Auge eine vertikale Linie, de anderen Auge zwei gleichartige in dichtem Abstand, so sind im Sammelbild zwei Linien sichtbar, die tiefenmäßig auseinandertreten. Dabei ist die im Halbbild temporale Linie stets nach hinte gelagert, gleich, welche von beiden Linien mit der Linie im anderen Halbbild verschmilzt. Diese Erscheinung ist nach ihrem Entdecker als PANUM-Effekt bekannt (s. Abb. 11).

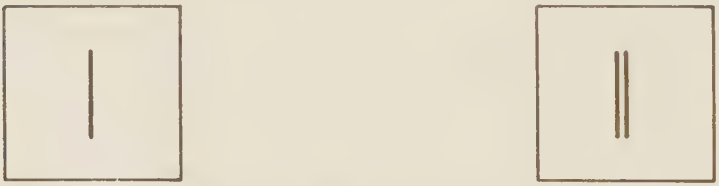


Abb. 11: Vorlagenpaar zum PANUM-Effekt

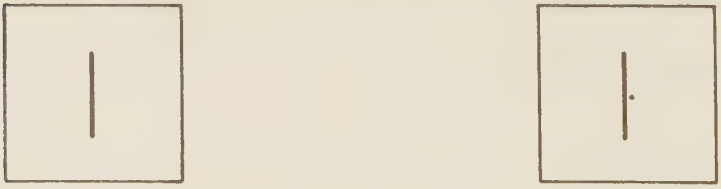


Abb. 12: Modifikation nach LINSCHOTEN

LINSCHOTEN, der den Effekt in seiner Strukturanalyse der binokularen Tiefenwahrnehmung als Schlüsselproblem gewichtet, führt in Zusammenhang mit seiner Entgegnung zur Erfahrungshypothese von HERING die in Abb. 12 wiedergegebene Variante ein. Es zeigt sic auch in diesem Falle, in dem anstelle einer zweiten Linie ein kleiner Punkt vorgegeben wird, ein vergleichbarer Tiefenunterschied zwischen beiden Figuren (51).

Abweichend von LINSCHOTENs Befunden zeigt sich in eigenen Erkundungsversuchen der Effekt nicht immer ganz klar. Mancher Vp scheint schon bei monokularer Betrachtung ein Tiefenunterschied gegeben; offenbar spielen andere Tiefenfaktoren hinein, die von der phänomenalen Helligkeits- oder Gestaltdifferenz abhängen, die zwischen Punkt und Linie besteht ("Punkt" dabei natürlich im phänomenalen Sinne verstanden). Diese Mehrdeutigkeit des Effekt ändert sich zugunsten eines eindeutigen, wenn auf beiden Seiten der Linie ein Punkt angebracht ist. In diesem Falle tritt der temporal gelegene Punkt deutlich in eine Ebene, die hinter der des anderen Punktes liegt. Die Linie wird in der Regel dazwischenliegend gesehen. Abb. 13 enthält einen solchen Fall. Die schwarzen Querbalken dienen zur Stabilisierung der Blickachsen.

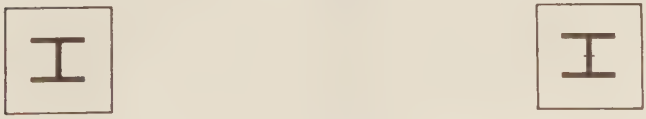


Abb. 13: Variante A, Vorlage zu PW-1

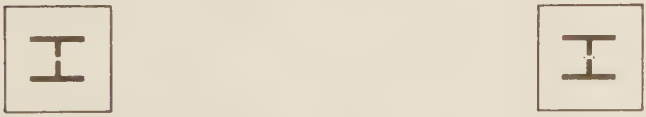


Abb. 14: Variante B, Vorlage zu PW-2

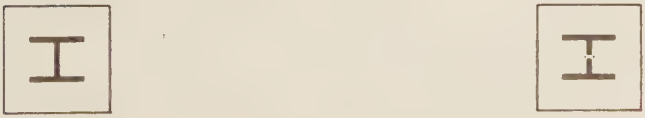


Abb. 15: Variante C, Vorlage zu PW-3

Will man den PANUM-Effekt nicht grundsätzlich aus einer allgemeinen Theorie des binokularen Tiefensehens als Sonderfall herausnehmen (wie es z.B. HERING tut), so kann davon ausgegangen werden, daß der Effekt auf der Querdisparation beruht, die seitens der Vertikalen des linken Halbbildes in Abb. 13 gegenüber den beiden Punkten im anderen Halbbild in doppelter Weise besteht. Nun kann man danach fragen, was geschieht, wenn im Sammelbild der vertikale Streifen genau in dem Teilstück unterbrochen ist, das zu beiden Punkten unmittelbar benachbart steht. Diese Unterbrechung kann einmal dadurch gegeben sein, daß in beiden vorgelegten Halbbildern das Teilstück ausgespart ist (Variante B in Abb. 14). Sie kann phänomenal aber auch dadurch hervorgerufen werden, daß eine Konstellation wie zum WITTE-KÖNIG-Effekt hergestellt wird, indem nämlich im einen Halbbild das Streifenstück zwischen beiden Punkten ausgespart wird, während die Linie im anderen Halbbild vollständig bleibt (Variante C, Abb. 15).
Theoretisch ergeben sich je nach den Grundannahmen unterschiedliche Prognosen für die Tiefeneffekte der drei Varianten.
Bei der ausschließlichen Tiefenwirkung horizontal gerichteter Disparation ist bei Variante B kein Tiefenunterschied wie bei A zu erwarten. Variante C wird zum kritischen Versuch. Verliert das verschwundene Linienstück mit seiner anschaulichen Präsenz auch seine Disparationswirkung, dann werden die Punkte in einer Tiefenebene liegen. Bleibt es aber wirksam, so muß sich der gleiche Effekt wie in A zeigen.
Zwar hat LINSCHOTEN das Tastenschema von TSCHERMAK, nach dem die retinalen Längsschnitte funktionale Einheiten bilden, überzeugend widerlegt (51 , S. 63 ff., S. 1o6 f.), seine Befunde schließen aber nicht aus, daß auch bei schräger Lagebeziehung binokular benachbarter Figuren sich eine horizontale Komponente der Disparation bemerkbar macht. Unter diesen Umständen ist in Fall B ein Tiefeneffekt zu erwarten, der vielleicht nicht von der Stärke, aber von der Richtung dessen in A ist. Sollte sich durch den geringeren Einfluß der Schrägdisparation ein Unterschied zwischen den Effekten in A und B zeigen, dann wird C wieder wie unter der obigen Voraussetzung zum Entscheidungsversuch: Entspricht der Effekt in C dem in A, so bestätigt sich die Wirkung des ver-

schwundenen Streifenstücks, ähnelt er eher dem in B, so widerspricht er einer solchen Wirkung. Das Maß für die Stärke des Effekts sei dabei mit der relativen Häufigkeit gegeben, in der er bei einer bestimmten Anzahl von Darbietungen auftritt.

5.1.2. Versuchsanordnung

Die in den Abb. 13 bis 15 dargestellten Vorlagen werden in den aus Abb. 16 ersichtlichen Maßen anhand des modifizierten Stereoskops nach KIRSCHMANN dargeboten. Es handelt sich dabei um photographische Verkleinerungen von Tuschezeichnungen.

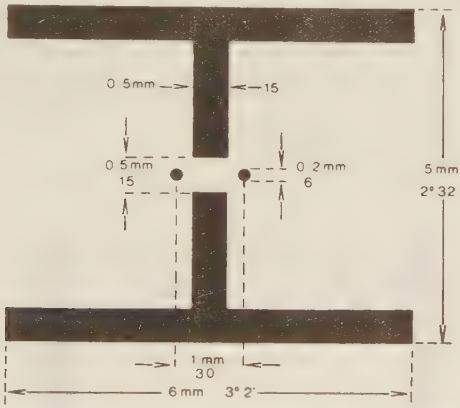


Abb. 16: Abmessungen und Blickwinkelgrößen der Vorlagen zu Exp. PW-1, PW-2 und PW-3

Der Kopf der Vp ist während der Beobachtung durch Kinn- und Stirnstütze fixiert. Eine Bürolampe mit 60-W-Birne, blendfrei ausgerichtet, sorgt für eine konstante Beleuchtung.

5.1.3. Durchführung

Die Vorbereitungen zu den Versuchen PW-1, PW-2 und PW-3 erfolgen gemäß denen der VR-Experimente (s. unter 4.2.). 22 von 25 geprüften Personen erfüllen das Kriterium zur Tiefensehfähigkeit und nehmen als Vpn teil. Darunter sind 16 Psychologiestudenten, drei Diplompsychologen und drei Studenten anderer Fachrichtungen. 13 Vpn sind weiblich, 9 männlich. Korrekturgläser werden aufbehalten.

Die Versuche gliedern sich wie folgt auf:

		links	rechts
PW-1	A	d_p	d
	B	d	d_p
PW-2	A	u_p	u
	B	u	u_p
PW-3	A	u_p	d
	B	d	u_p

d = durchgehender Streifen
u = unterbrochener Streifen
p = zwei Punkte, die die Streifenmitte flankieren

Jedes der drei Muster wird pro Vp 20 x dargeboten, 10 x in beiden lateralen Positionen A und B. Die insgesamt 60 Darbietungen finden in randomisierter Folge statt. Die Inspektionszeit beträgt nur 5 Sekunden, um ein vorzeitiges Schließen der Lücke zu verhindern.
Die Versuchsanweisung lautet:
"Sagen Sie mir bitte, ob einer der beiden Punkte weiter hinten liegend erscheint und ggf. welcher. -
Können Sie jetzt bitte in kurzen Worten beschreiben, welche Formen und welche Farben das Bild enthält?"

5.1.4. Ergebnisse

5.1.4.1. Zur freien Beschreibung

Die meisten Vpn beschreiben den WITTE-KÖNIG-Effekt. Nur Vp HP berichtet von gelegentlicher Schließung der Lücke, und die Vpn FE, RI und SO schildern Wettstreiterscheinungen (wie Tab. 23 zeigt, gehören diese vier Personen zu den fünf mit der ausgeprägtesten Augendominanz, und die abweichenden Effekte treten immer dann auf, wenn der durchgehende Streifen aufseiten des dominanten Auges liegt). Im Übrigen enthalten die Beschreibungen keine Hinweise darauf, daß das Muster in PW-3 anders als das Muster in PW-2 erlebt wird, bei dem reizmäßig auf beiden Seiten eine Lücke vorgegeben ist.

5.1.4.2. Zu den Tiefenurteilen

Die Verteilung der Tiefenurteile ist im einzelnen Tab. 23 (Anhar zu entnehmen. Eine Zusammenfassung der Daten enthalten Tab. 24 sowie die Graphik in Abb. 17.

Tab. 24: Zusammenfassung der Tiefenurteile in PW-1 bis -3

Lage d. Punkte	PW-1			PW-2			PW-3		
	T_+	$T_=$	T_-	T_+	$T_=$	T_-	T_+	$T_=$	T_-
rechts	164	28	28	81	88	51	160	39	21
links	164	33	23	102	78	40	167	27	26
Insgesamt	328	61	51	183	166	91	327	66	47
Prozent	74.5	13.9	11.6	41.6	37.7	20.7	74.3	15.0	10.7

Abkürzungen s. 4.4.5.

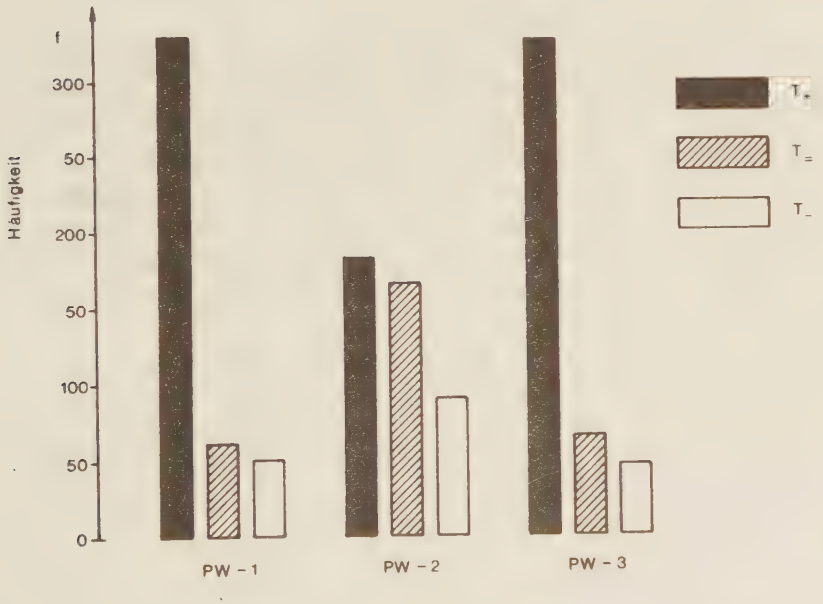


Abb. 17: Die Tiefenurteile in den Experimenten PW-1, -2 und -3 (Abkürzungen s. 4.4.5.)

Die Tiefenurteile gliedern sich in solche, die in ihrer Richtung dem PANUM-Effekt (und damit auch der Disparationsrichtung) entsprechen (T_+), in solche mit invertierter Tiefe (T_-) und in Gleichheitsurteile ($T_=$).
Gelegentlich äußern die Vpn, nur geraten zu haben. Durchweg haben diesen Eindruck die Vpn BR, HE, OL und SO, obwohl außer bei OL die relative Häufigkeit der T_+-Urteile hoch ist. Vp ES berichtet spontan, daß der fernere Punkt ihr immer größer erscheine und daß dieser Größenunterschied sich zeitlich vor dem Tiefenunterschied bemerkbar mache.
Die Verteilung der Urteile ist in allen drei Versuchen asymmetrisch zugunsten der positiven Tiefenurteile. Während aber bei PW-2 die Häufigkeit von T_+ nur doppelt so hoch ist wie die von T_-, ist sie bei PW-1 und bei PW-3 sechs bis sieben mal so hoch. Die Anzahl der Gleichheitsurteile ist in PW-2 mehr als doppelt so hoch wie in den beiden anderen Versuchen. Besonders aber ist der überaus hohe Grad an Übereinstimmung in der Anzahl an T_+ bei PW-1 und PW-3 augenfällig.
Zur Prüfung der Zufallswahrscheinlichkeit der Häufigkeitsunterschiede bei den positiven Tiefenurteilen wird der t-Test für korrelierte Stichproben durchgeführt (nach 10.1.). Geht man von den jeweiligen Paardifferenzen aus, die sich zwischen den Experimenten unter jeweiliger Berücksichtigung der lateralen Positio der Halbbilder bilden lassen (möglicher Einfluß der Augendominanz), so ergeben sich bei zweiseitiger Fragestellung und einem Signifikanzniveau von $\alpha = 1\%$ die folgenden Werte:

Tab. 25: Exp. PW-1 bis -3, Ergebnis der t-Tests

Vergleich	t	FG	Signifikanz
$T_{+PW-1} - T_{+PW-2}$	9,06	43	s.s.
$T_{+PW-3} - T_{+PW-1}$	0,17	43	n.s.
$T_{+PW-3} - T_{+PW-2}$	10,88	43	s.s.

Hiermit darf als gesichert angenommen werden, daß sich der kritische Versuch PW-3 in der Häufigkeit von positiven Tiefenurteilen hochsignifikant von PW-2 unterscheidet. Gegenüber PW-1 dagegen

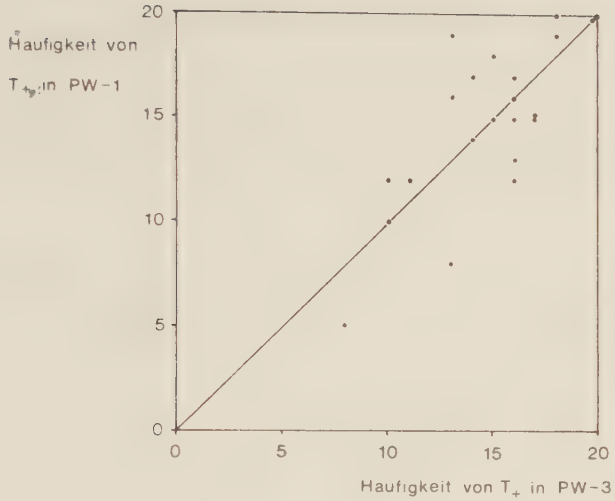


Abb. 18: Die Häufigkeit positiver Tiefenurteile in PW-1 als Funktion ihrer Häufigkeit in PW-3

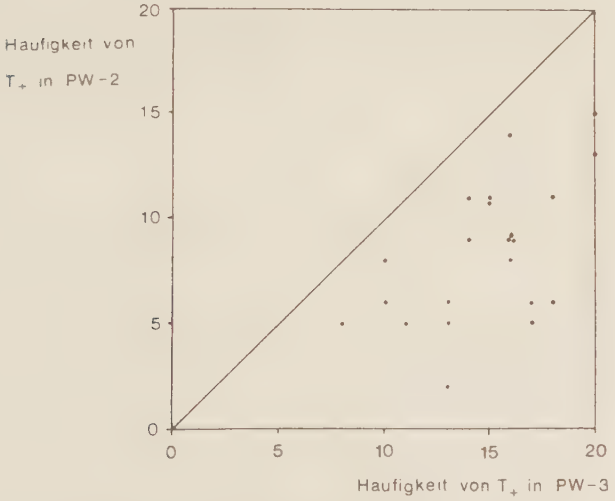


Abb. 19: Die Häufigkeit positiver Tiefenurteile in PW-2 als Funktion ihrer Häufigkeit in PW-3

besteht kein nennenswerter Unterschied.
Zur Untersuchung der Frage, inwieweit die Häufigkeit positiver Tiefenurteile als Merkmal anzusehen ist, das zwischen den drei Experimenten korreliert, wird der Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN berechnet und auf Signifikanz geprüft (α = 1%). Es ergibt sich nach 10.8. :

Tab. 26: PW-1 bis -3, Korrelationen der positiven Tiefenurteile

Korr. zwischen	r_S	N	Signifikanz
PW-1 und PW-2	+ 0.50	22	s.s.
PW-3 und PW-1	+ 0.65	22	s.s.
PW-3 und PW-2	+ 0.52	22	s.s.

In allen drei Fällen zeigen sich hochsignifikante positive Korrelationen. Der Zusammenhang ist am engsten zwischen PW-3 und -1. Die Art des Zusammenhangs veranschaulichen Abb. 18 und 19, in denen die Häufigkeit von T_+ in PW-1 und in PW-2 als Funktion ihrer Häufigkeit in PW-3 aufgetragen sind. Abb. 18 deutet auf Äquivalenz der beiden Variablen T_{+PW-1} und T_{+PW-3} hin. Abb. 19 läßt zwar T_{+PW-2} als ansteigende Funktion von T_{+PW-3} erkennen, nicht aber, ob es sich um eine lineare oder eine nicht-lineare Funktion handelt. Für eine sinnvolle Regressionsermittlung reicht der Datensatz nicht aus.

5.1.5. Interpretation

Die Ergebnisse lassen vorläufig die folgenden Interpretationen zu:
1. In den drei Versuchsanordnungen werden Wahrnehmungssituationen geschaffen, die hinsichtlich des Tiefeneffekts so schwellennah sind, daß erlebnismäßig alle Tiefenbeziehungen zwischen den beiden Punkten auftreten können. Die Inversionen, wie wohl auch ein entsprechender Teil der positiven Tiefenurteile, sind wahrscheinlich als Ausdruck dieser Instabilität zu werten, bei der monokular wirksame Tiefenfaktoren, Einstellungen und Erwartungshaltungen eingreifen können. Entsprechend sind auch die Gleichheitsurteile zu deuten, sind doch kontralateral unbesetzte Halb-

bilder nach vielfach bestätigter Beobachtung oft entweder in der Horopterebene oder in unbestimmter Tiefe lokalisiert (s. LINSCHOten, 51 , S. 193 ff.).

2. Unter allen drei Bedingungen treten überwiegend positive Tiefeneffekte ein. Dies bedeutet, daß nicht nur streng horizontale sondern auch schräge Disparation (wahrscheinlich deren horizontale Komponente) tiefenwirksam wird. Die Korrelationen nach Tab 26 weisen darauf hin, daß die Tendenz zu positiver Tiefe als Merkmal aufgefaßt werden kann, das sich in allen drei Experimenten allgemein ausdrückt, wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung. Der Vergleich zwischen PW-1 und PW-2 zeigt jedoch, daß unter schwellennahen Bedingungen bloße Schrägdisparation schwächer ist als bei zusätzlicher Querdisparation. Weder also können retinale Längsschnitte nach dem TSCHERMAKschen Tastenschema als funktionale Einheiten angesehen werden (was ein "alles-oder-nichts" bei der Disparation unabhängig von der Höhendifferenz bedeuten würde und damit gleichartige Effekte bei PW-1 und PW-2 zur Folge haben müßte), noch kann von einer rein horizontalen Disparationswirkung ausgegangen werden. Wahrscheinlich anzunehmen ist ein Funktionsbereich, der kontralateral zu einem bestimmten Halbbildpunkt eine gewisse vertikale Ausdehnung hat, und der bei vollständiger Vertretung durch eine durchgehende Kontur effektiver ist als bei unvollstängiger Vertretung wie im Falle, daß quer zu den beiden Punkten die Lücke korrespondiert.

3. Der wesentlichste Befund aber ist der, daß bei Querdisparation zum durchgehenden Streifen der bei PW-1 zu verzeichnende Tiefeneffekt vollständig erhalten bleibt, wenn an der kritischen Stelle das Stück der durchgehenden Kontur infolge des WITTE-KÖNIG-Effekts phänomenal verschwunden ist.

Die Ähnlichkeit der Ergebnisse von PW-3 und PW-1 ist umso bemerkenswerter, wenn man bedenkt, welcher Art die Unterschiede in der figuralen Konstellation sind. Das Erscheinungsbild der Lücke mit den beidseitig liegenden Punkten ist - ganz vom WITTE-KÖNIG-Effekt als solchem abgesehen - ein anderes als das der durchgehenden Linie mit den beidseitigen Punkten. Es könnte der Einwand erhoben werden, die zwischenliegende Linie in PW-1 behindere das Aufkommen eines Tiefenunterschieds beider Punkte und die Ähnlichkeit der Tiefenurteile zu PW-3 rühre daher, daß eine tatsächlich schwächere Disparationswirkung in PW-3 durch das Fehlen dieser

Barriere zufällig genau kompensiert werde. Diesem Einwand ist entgegenzuhalten, daß in PW-2 in gleicher Weise wie in PW-3 phänomenal dieses Hindernis fehlt, daß das Erscheinungsbild unter beiden Bedingungen in Farbe und Form praktisch identisch ist und doch ein erheblicher Unterschied im Tiefeneffekt besteht.
Das faktisch gleiche Tiefenverhalten der beiden Punkte in PW-3 gegenüber dem in PW-1 und das zu PW-2 unterschiedliche Tiefenverhalten bei gleichzeitig komplementären Gleichheits- und Unterschiedsverhältnissen in farblich-figürlicher Hinsicht ist phänomenal nur als Widerspruch beschreibbar. Bei ausschließlicher Berücksichtigung des erlebnismäßig Gegebenen muß als Paradoxon hingenommen werden, daß gleiche Bedingungen zu unterschiedlichen Effekten und daß unterschiedliche Bedingungen zu gleichen Effekten führen können. Auf die Unvereinbarkeit solcher Feststellungen mit einer phänomenologischen Wahrnehmungspsychologie hat KOFFKA hingewiesen (42).
Die Notwendigkeit der funktionalen Betrachtungsweise, die auch nicht-erlebniskorrelierte Vorgänge des visuellen Systems einbezieht, scheint in diesem Zusammenhang unausweichlich, will man den empirischen Befund innerhalb einer widerspruchsfreien Theorie erklären. Sie würde für diesen Fall besagen, daß die phänomenal nichtexistenten Konturstücke bereits auf einer dem Psychophysischen Niveau vorgelagerten Ebene als disparat wirksam werden. Sie könnte ferner besagen, daß als Produkte dieser Vorgänge das dominante Halbbildkorrelat und das Disparationsverhältnis als "Rohmaterial" im PPN eingespeist werden, auf dem gestaltliche Figurierung und räumliche Einbettung erfolgen.
Bevor eine solche Denkmöglichkeit weitergeführt wird, sind die Voraussetzungen zu ihrer Annahme einem gründlichen methodischen Zweifel zu unterziehen. Tatsächlich enthält das bisherige Vorgehen eine Reihe von Implikationen, die der gesonderten Untersuchung bedürfen. Die erste ergibt sich aus folgendem Problem:

Wenn innerhalb des phänomenal Gegebenen nach Bedingungszusammenhängen im Sinne von WITTE 1962 (77) gesucht wird, so sind diese Bedingungszusammenhänge selbst selten phänomenal gegeben. Vielmehr treten sie in der Regel erst durch eine psychologische Analyse zutage und oft entgegen phänomenaler Kausalität. Wenn beispielsweise die schwache Blautönung einer weißen Fläche den Ein-

druck von Kühle vermittelt, ohne daß die Farbe als solche benannt werden kann, so besteht dabei funktional eine Beziehung zwischen zwei Sinnesgebieten, deren Ausgangspunkt in dem Sinnesgebiet liegt, das der Betreffende gar nicht als empfangend erlebt. Entsprechend sind Zusammenhänge innerhalb eines Sinnesgebietes nicht notwendig evident, wie sich am Beispiel der optischen Täuschungen zeigt.
In Übertragung auf die hier referierten Befunde bedeutet dies, daß vielleicht nicht die wahrnehmungsmäßig gegebene Kontur als solche konstitutive Bedingung für Tiefe darstellen muß, sondern möglicherweise eine koexistierende Erlebnisqualität, die nur noch nicht erfaßt oder noch nicht in dieser spezifischen Rolle erkannt worden ist. So könnte es sein, daß beim Lückenphänomen zwar die kontralaterale Kontur, nicht aber eine noch unbestimmte bei Disparation maßgebliche Eigenschaft verloren gegangen sei und daß dadurch der Tiefeneffekt nach wie vor möglich werde.
So ist z.B. denkbar, daß geringe Helligkeitsschwankungen im Lückenbereich im Sinne eines residualen Wettstreits eine hinreichende Bedingung für Tiefe darstellen. Frühere Untersuchunge am Lückenphänomen zeigen, daß bei größeren Lücken Wettstreitphänomene auftreten (44 , 18). Auch in den hier geschilderten Versuchen treten vereinzelt Beschreibungen von Wettstreit auf.
Das Problem erfordert eine gesonderte experimentelle Behandlung. Die Frage ist zu klären, ob sich die Lücke im WITTE-KÖNIG-Effekt erlebnismäßig von einer Lücke wie in PW-2 in irgendeiner Weise unterscheidet und ob die Feststellung eines solchen Unterschieds mit der Wahrnehmung von Tiefe in PW-3 zusammenhängt.

5.2. Exp. PW-4: Zur Frage der Unterscheidbarkeit der Lücke im WITTE-KÖNIG-Effekt von einer normalen Lücke

5.2.1. Versuchsanordnung

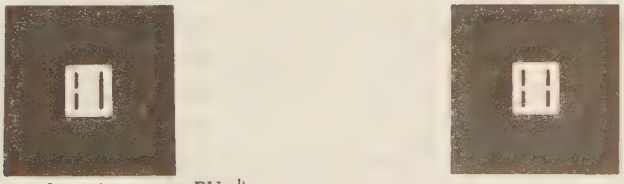


Abb. 20: Grundmuster zu PW-4

Abb. 20 enthält das Grundmuster zu diesem Versuch. Die vertikalen Streifen sind von gleicher Länge und Breite wie in den vorhergehenden Experimenten, die Lücke ist von gleicher Ausdehnung wie dort.
Folgende Anordnungen werden im Stereoskop dargeboten:

	links	rechts	
1.	u-u	d-u	
2.	u-u	u-d	
3.	u-d	u-u	
4.	d-u	u-u	
5.	d-u	u-d	d = durchgehende Linie
6.	u-d	d-u	u = unterbrochene Linie

Die Anordnungen 1 bis 4 sollen dazu dienen, im Sammelbild den Vergleich zwischen der WITTE-KÖNIG-Lücke (ud) einerseits und einer gleichförmig korrespondierenden Lücke (uu) zu ermöglichen. In 5 und 6 wird der WITTE-KÖNIG-Effekt jeweils zweifach intendiert, und zwar in beiden lateralen Kombinationen.
Die übrigen Versuchsbedingungen entsprechen denen unter 5.2.

5.2.2. Durchführung

Als Versuchspersonen wirken alle Teilnehmer der vorangegangenen PW-Experimente mit.
Die Vorlagenpaare werden je einmal in randomisierter Folge dargeboten. Die Darbietungszeit beträgt jeweils 10 Sekunden, ist also doppelt so lang wie in den vorigen Experimenten. Diese Verlängerung geschieht zu dem Zweck, die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten etwaiger Wettstreiterscheinungen zu begünstigen. Die Versuchsanweisung knüpft an die Beschreibungen in den anderen Experimenten an, die stets einen Hinweis auf die phänomenale Lücke enthalten. Sie lautet:
"Bitte, vergleichen Sie die beiden unterbrochenen Linien. Achten Sie dabei besonders auf den Mittelteil. Sagen Sie mir bitte, ob Sie irgendeinen Unterschied bemerken und beschreiben ihn mir gegebenenfalls."
Im Anschluß an diesen Versuch erfolgt die Ermittlung der Augendominanz im ADT.

5.2.3. Ergebnisse

Neben Gleichheitsurteilen ($L_=$) finden sich Beschreibungen, die sich folgenden Kategorien einordnen lassen:

L_s = die Konturen des schwarzen Streifens sind schwach sichtbar,

L_w = die Helligkeit im Lückeninnern wechselt,

L_u = der Lückenbereich macht einen unklaren Eindruck.

Diese Beschreibungen richten sich stets auf die ud-Lücke.

Im einzelnen und insgesamt verteilen sich die Beschreibungen wie folgt:

Tab. 27: PW-4, Ergebnisse des Lückenvergleichs

Vp	AD	Versuchsanordnung 1.	2.	3.	4.	5.	6.
BA	+ 11,6	=	=	=	=	=	w
BE	+ 4,2	w	=	w	=	w	w
BR	+ 2,4	=	=	w	s	=	w
DU	+ 8,7	w	w	=	=	w	w
DE	+ 2,9	s	s	=	u	w	u
ES	+ 3,1	=	w	u	=	u	u
FE	+ 39,1	w	w	=	=	w	=
FK	+ 16,7	w	w	=	=	w	=
FR	- 4,4	=	=	=	=	=	=
GE	+ 8,9	s	s	=	s	=	w
GI	+ 11,8	=	=	=	=	w	=
HE	- 4,2	=	=	=	=	=	=
HP	+ 78,1	s	s	=	=	s	s
LU	+ 10,0	=	=	=	=	=	=
NI	+ 3,8	=	u	s	=	w	w
OL	+ 18,2	w	=	=	=	=	w
RI	+ 32,2	w	w	=	=	w	w
SI	+ 12,5	=	=	=	=	=	=
SO	- 9,3	w	w	w	w	w	w
SP	+ 22,2	u	=	=	=	w	w
WE	+ 3,6	=	=	=	=	=	=
WI	- 32,4	=	=	=	=	=	=

Gesamthäufigkeiten

L	Versuchsanordnung 1.	2.	3.	4.	5.	6.	Su.
=	11	12	17	18	10	9	77
s	3	3	1	2	1	1	11
w	7	6	3	1	10	10	37
u	1	1	1	1	1	2	7
Su.	22	22	22	22	22	22	132

Abkürzungen gem. 5.2.3.
Versuchsanordnungen gemäß 5.2.1.

Bei den Vorlagen 1 und 2 dominieren die Gleichheitsurteile, wesentlich stärker noch bei den Vorlagen 3 und 4. Bei 5 und 6 wird Helligkeitswechsel ebenso häufig beschrieben wie Gleichheit. Da der Unterschied zwischen 1 und 2 einerseits und 3 und 4 andererseits von den Vorlagen her nur in der lateralen Position liegt und die Vpn überwiegend rechtsdominant sind, wird auf einen Zusammenhang der Urteile mit der Augendominanz geprüft. Die Differenzen zwischen der Häufigkeit von Gleichheitsurteilen in den Fällen, in denen die durchgehende Linie dem dominanten Auge geboten wird, und ihrer Häufigkeit im Gegenfalle $L_{=d_{dom}} - L_{=u_{dom}}$ führen als Paardifferenzen im t-Test zu

$$t = 2{,}93 \qquad FG = 21$$

Dieser Wert weist auf einen hochsignifikanten Unterschied im erwarteten Sinne hin ($\alpha = 1\%$, eins. Fragest.).

5.3. Zur Frage der Abhängigkeit des Disparationseffekts von der Erscheinungsweise der Lücke

5.3.1. Die Tiefenurteile unter Bezug auf die Lückenbeschreibung

Entscheidend ist die Untersuchung der Frage, ob die Häufigkeit der positiven Tiefenurteile in PW-3 in Zusammenhang steht damit, ob die Lücke im WITTE-KÖNIG-Effekt von einer binokular vorgegebenen Lücke unterschieden wird oder nicht.
Bei Vorlage 5 und 6 bedeutet ein Gleichheitsurteil Gleichheit zwischen zwei (ud)-Lücken, also nicht unbedingt Gleichheit mit der (uu)-Lücke. Im Weiteren sei daher zunächst nur von den Gleichheitsurteilen bei den Vorlagen 1 - 4 ausgegangen.
Korreliert man die Häufigkeit dieser Gleichheitsurteile mit der Anzahl von T_+ in PW-3, so ergibt sich unter Verwendung der SPEARMAN-Formel bei Bindungen (10.9.)

$$r^+_S = + 0.15 \qquad N = 22$$

Der Zusammenhang ist nicht signifikant.
Acht Vpn haben in den vier ersten Vergleichen zu PW-4 ausschließlich Gleichheitsurteile abgegeben. Wie verhalten sie sich bei der Tiefenbeurteilung?
Wie Tab. 28 zeigt, liegt die durchschnittliche Anzahl positiver Tiefenurteile bei denjenigen Vpn, die die WITTE-KÖNIG-Lücke nich

von der normalen Lücke unterscheiden, in PW-1 und in PW-3 nicht niedriger als bei der Restgruppe. (Für PW-1 ergibt der t-Test fü unabhängige Stichproben (10.2.) sogar einen Unterschied im Gegen sinne bei α = 5% und zweis. Fragest.).

Tab. 28: Durchschnittliche Häufigkeiten von T_+ in PW-1 bis PW-3 bei den Vpn mit Gleichheitsurteilen in PW-4

	N	PW-1 $\bar{x}$	PW-1 s^2	PW-2 $\bar{x}$	PW-2 s^2	PW-3 $\bar{x}$	PW-3 s^2
"Gleich"-Gruppe	8	17,13	3,84	7,75	10,75	15,75	4,50
Restgruppe	14	13,64	18,71	8,64	11,94	14,36	12,25
t		2,15		0,59		1,79	
FG		20		20		20	
Signif.		s.		n.s.		n.s.	

5.3.2. Die Tiefenurteile bei Begünstigung und bei Beeinträchtigung des Lückeneffekts durch die Augendominanz

Auf einzelne Spontanbeschreibungen von Wettstreiterscheinungen bei begünstigenden Koinzidenzen von Augendominanz und Position der Muster wurde bereits unter 5.1.4.1. verwiesen. Nun soll geprüft werden, ob bei Begünstigung des WITTE-KÖNIG-Effekts (Lücke aufseiten des dominanten Auges) und bei Beeinträchtigung (Streifen aufseiten des dominanten Auges) im gleichen Experiment sich unterschiedliche Häufigkeiten in der Anzahl positiver Tiefenunterschiede ergeben. Bei Paarung der entsprechenden Daten ergibt sich nach dem t-Test für korrelierte Stichproben für $T_{+d_{dom}} - T_{+u_{dom}}$

$$t = 0,27 \qquad FG = 21$$

Die beiden Bedingungen zeigen keinen bedeutsamen Unterschied in der Häufigkeit positiver Tiefenurteile.
Schließlich ist zu fragen, ob ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von T_+ und der Wettstreitfrequenz, wie sie sich im ADT ausdrückt, besteht. Die Korrelationsberechnung nach SPEARMAN

nach 10.8. ergibt den Wert

$$r_S = -0.25 \qquad N = 22 \qquad n.s.$$

Der Zusammenhang ist nicht bedeutsam. In der Tendenz besteht eher eine Abnahme der Tiefenurteile mit steigender Wettstreitfrequenz als eine Zunahme.

5.4. Zusammenfassende Interpretation und Diskussion der PW-Experimente

Insgesamt zeigen die Befunde, daß sich keine Eigenschaft aufweisen läßt, die eine unter 5.5. erwogene Ersatzfunktion anstelle des unsichtbaren Linienstücks in PW-3 erfüllen könnte. Zwar beschreibt mehr als die Hälfte der Vpn vereinzelt Unterschiede der WK-Lücke (WITTE-KÖNIG-Lücke) zur normalen Lücke. Diese Unterscheidung hat jedoch keinen erkennbaren Bezug zu den Tiefenurteilen.

> An dieser Stelle sei auf einen Nebenbefund von PW-4 eingegangen: Auffallend häufig sind bei den Vorlagen 5. und 6. die Beschreibungen von Veränderungen im Erscheinungsbild (L_w). Sie lassen sich auf zwei Faktoren zurückführen:
> 1. Die Wahrscheinlichkeit von L_w wird durch die zweifach Vertretung des WK-Effekts erhöht,
> 2. Schwankungen werden eher bemerkt, da der allgemeine binokulare Wettstreit die Effekte bei beiden Figuren jeweils im Gegensinne verstärkt oder abschwächt.

Die Korrelation zwischen der Zahl der Gleichheitsurteile in PW-4 und der Anzahl von T_+ in PW-3 widerspricht in der Richtung der Hypothese, daß eine besondere phänomenale Eigenschaft des WK-Effekts als phänomenal gegebene Bedingung für Tiefe fungieren könnte.

Acht Vpn geben in PW-4 an, keinen Unterschied zu bemerken. In den Tiefenurteilen verhalten sie sich aber keinesfalls im Sinne einer Verminderung des PANUM-Effekts. Den Mangel an Unterschiedsbeschreibungen auf eine gewisse Nachlässigkeit in der Beobachtung zurückzuführen, hat angesichts der guten Leistungen in der Beschreibung von Tiefenunterschieden in einer schwellennahen Wahrnehmungssituation, wie sie in den Experimenten PW-1 bis -3 gegeben ist, wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Gleichzeitig erhält das Fehlen des angesprochenen Zusammenhangs eine gewisse Objekti-

vierung durch den Umstand, daß sich ebenfalls kein Unterschied in den Tiefenurteilen zeigt zwischen dem Fall, daß die Lücke auf seiten des dominanten Auges liegt, und dem Gegenfall. Daß die Augendominanz, so wie sie der ADT erfaßt, überhaupt eine Rolle spielt, zeigt sich in ihrer Wirkung auf das Auftreten von Wettstreitphänomenen beim WK-Effekt. Die (wie auch immer geartete) Visualisierung der durchgehenden Linie hat demnach keinen begünstigenden Einfluß auf die Tiefenwirkung.

Am Schluß dieser Versuchsreihe bleiben wieder mehrere Fragen von grundsätzlicher Bedeutung offen. Dazu gehören vor allem die folgenden drei:

1. Zwar dürfte als gesichert gelten, daß für die Tiefenverlagerung im PANUM-Effekt die kontralaterale Einzelfigur nicht notwendig anschaulich gegeben sein muß. Man kann aber letztlich nicht ausschließen, daß es irgendeine Eigenschaft gibt, die das scheinbar verschwundene Halbbild maßgeblich am Binokulargeschehe beteiligt sein läßt. In den Unterschiedsbeschreibungen von PW-4 tauchen zwar keine entsprechenden Hinweise auf, es ist jedoch prinzipiell möglich, daß die Erfassung eines solchen Begleitphänomens dem methodischen Zugriff dieser Experimente entzogen ist.
2. Die hier angewandte Verbindung von PANUM-Effekt und WITTE-KÖNIG-Effekt ist nicht unproblematisch, was die Möglichkeit allgemeingültiger Ausagen anbelangt. Es gibt noch eine Anzahl ungeklärter Fragen zu den Phänomenen selbst. Hierher gehört die Frage nach den eigentlichen Bedingungen des WITTE-KÖNIG-Effekts und nach seinen funktionalen Grundlagen. Die Reihe der später dargestellten WK-Experimente soll zum Verständnis des Effekts einen Beitrag liefern.
3. Die zuletzt referierten Experimente gehen von der Annahme aus daß der PANUM-Effekt aus den Gesetzen einer allgemeinen Theorie des binokularen Sehens ableitbar sein müsse, daß er darüber hinaus wie ein Fall normaler Disparation zu behandeln sei. Einen Beitrag zur Prüfung der Frage, ob diese Annahme berechtigt ist, sollen die nachfolgenden PD-Experimente liefern.

6. Experimente zum Vergleich des Tiefeneffekts beim PANUM-Phänomen und bei normaler Disparation (PD-Experimente)

6.1. Vorüberlegungen und Fragestellung

Vom Anfang der Theorienbildung über das binokulare Tiefensehen an ist der PANUMsche Tiefeneffekt stets ein Prüfstein gewesen. Manche Autoren (z.B. HERING) klammern ihn aus ihrem eigentlichen Theoriengebäude aus, andere führen speziell zu seiner Erklärung Zusatzannahmen ein. LINSCHOTEN zeigt, daß eine Theorie des Tiefensehens den PANUM-Effekt relativ problemlos in sich aufnehmen kann wenn eine funktionale Trennung zwischen Fusion und Disparation gemacht wird. Er nimmt an, daß z.B. unter der PANUM-Konstellation gemäß Abb. 11 die einzelne Linie mit einer der beiden anderen verschmilzt, ohne dabei ihre Wirkung gegenüber der anderen Linie zu verlieren. Ob man den Modus dieser Beeinflussung zwischen querdisparaten Konturen mit LINSCHOTEN als Attraktion fassen muß oder in anderer Weise, sei an dieser Stelle zunächst dahingestellt.

Wenn der PANUM-Effekt unter die Spielarten normaler Disparationseffekte gerechnet werden soll, ist es von entscheidender Bedeutung, den durch ihn hervorgerufenen Tiefenunterschied mit dem bei einfacher Disparation verglichen zu haben. Soweit dem Verfasser bekannt, ist trotz der vielfältigen Forschungen über den PANUM-Effekt noch keine vergleichende Messung vorgenommen worden, die befriedigen könnte. Selbst LINSCHOTEN, der sich in seiner mehrfach genannten Monographie dem PANUM-Effekt als Schlüsselphänomen intensiv widmet, erwähnt keine solche Untersuchung. Noch in jüngster Zeit findet man höchstens Vermutungen (s. KAUFMAN, BACON & BARROSO 1973, 39).

Es ist in erster Linie ein methodisches Problem, den stereoskopischen Tiefeneffekt als solchen zu quantifizieren, ihn in Einheiten des anschaulichen Raumes hinreichend präzise auszudrücken. Die nachfolgend geschilderten Experimente erheben einen geringeren Anspruch, da nur ein Vergleich der Effekte untereinander, des PANUM-Effekts (PE) und des Disparationseffekts (DE) angestrebt wird, nur die Messung ihrer relativen, nicht ihrer absoluten Aus-

prägung. Die Messung beschränkt sich dabei auf die einfachste Methode: auf die Feststellung von Gleichheit und Ungleichheit zweier Erscheinungen.

PE und DE werden dabei unabhängig voneinander in Relation zu einer variablen dritten Größe gebracht, die vom Beobachter jeweils soweit zu modifizieren ist, bis phänomenale Tiefengleichheit hergestellt ist. Die Veränderung dieser dritten Größe ist mit einer physikalischen Veränderung korreliert, die für den VL unmittelbar von einer Skala ablesbar ist. Speziell: Fest vorgegeben für DE ist eine bestimmte Disparation, fest vorgegeben für PE ist eine doppelseitige Disparation, die in beiden Fällen der erstgenannten entspricht. Daneben besteht eine veränderliche Disparation Dv. Diese ist von der Vp unter dem Kriterium der anschaulichen Tiefe im Herstellungsverfahren soweit zu verändern, bis DvE = DE bzw. bis DvE = PE ist. Dv läßt sich aus den Skalenwerten am Drehstereoskop (modifiziertes KIRSCHMANN-Stereoskop) geometrisch errechnen.

Bei diesem Vorgehen wird zweierlei als richtig unterstellt: erstens die auf den phänomenalen Bereich angewandte logische Annahme daß zwei Größen, die einer dritten gleich sind, auch untereinander gleich sind, zweitens eine implizite Grundannahme der Psychophysik, nämlich die der physikalischen Konstanz über eine Folge von Messungen (s. WITTE,77). Unter diesen Voraussetzungen kann in Gleichheit oder Verschiedenheit der Meßergebnisse ein Ausdruck für Gleichheit oder Verschiedenheit in der Ausprägung der Tiefenverhältnisse als gegeben angesehen werden.

Im Wesentlichen sind es vier Hypothesen, die auf diese Weise gegeneinander geprüft werden können:

Hypothese 1: Der PE ist zwar in der Tiefenrichtung, nicht aber in der Tiefenlage bestimmbar. Sofern überhaupt zu ermitteln, sind die Werte überzufällig verschieden von denen beim DE.

Hypothese 2: Die Tiefenwerte beim PE sind systematisch kleiner als die beim DE.

Hypothese 3: Die Tiefenwerte beim PE sind zwar im Mittel denen beim DE gleich, streuen aber erheblich stärker.

Hypothese 4: Die Werte beim PE unterscheiden sich weder in Mittelwert noch Streuung von denen beim DE.

6.2. Versuchsanordnung

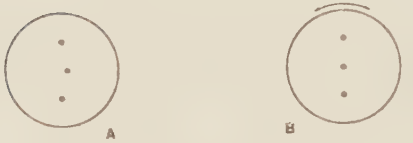


Abb. 21: PD-1, Vorlagen

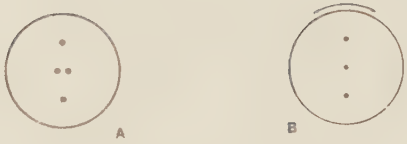


Abb. 22: PD-2, Vorlagen

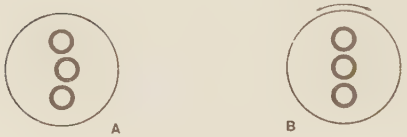


Abb. 23: PD-3, Vorlagen

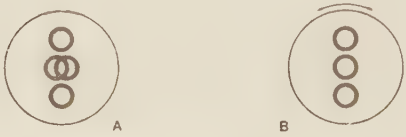


Abb. 24: PD-4, Vorlagen

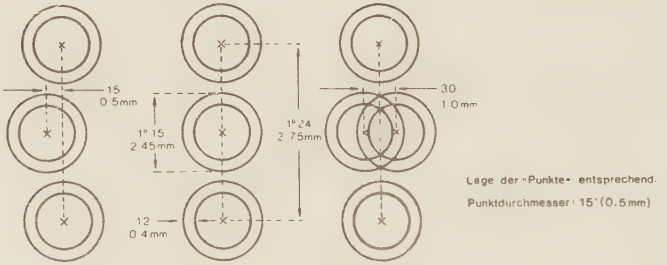


Abb. 25: Abmessungen der Vorlagen

Im Drehstereoskop werden die in Abb. 21 bis 24 wiedergegebenen Vorlagen eingesetzt. Es handelt sich hierbei um photographische Verkleinerungen von Tuschezeichnungen. Abb. 25 sind die Winkel zu entnehmen, unter denen die einzelnen Figuren abgebildet werden. Kreisrunde Lochblenden im Strahlengang des Okulars beschränken das Gesichtsfeld auf den Figurbereich. Eine Tischlampe (60 W) beleuchtet gleichmäßig beide Halbbilder.

Unter den in Abb. 21 und 23 wiedergegebenen Verhältnissen besteht jeweils einfache Disparation (Teilversuche PD-1 und PD-3). Der

mittlere Punkt oder Ring ist gegenüber dem oberen und unteren Punkt oder Ring seitlich versetzt. Entsprechend rückt er in der beidäugigen Betrachtung aus der Ebene der beiden anderen Punkte oder Ringe heraus.

Abb. 23 und 24 geben zwei Varianten der PANUMschen Konstellation wieder (Teilversuche PD-2 und PD-4), eine einfache und eine verschachtelte Form. In beiden Fällen tritt in erwarteter Richtung des PE eine gegensinnige Tiefenversetzung ein: der temporale Punkt rückt hinter, der nasale Punkt vor die Ebene der beiden oben und unten liegenden Punkte, bzw. die beiden Ringe lösen sich voneinander und nehmen entsprechende Tiefenlagen ein (wobei sie jeweils einen vollständigen Ring bilden).

Dreht man nun mittels eines Hebels an der Halterung des Stereoskops (vgl. Abb. 6) das Halbbild B der Abbildungen 21 bis 24 in geringem Maße um seinen Mittelpunkt, der gleichzeitig Mittelpunkt der dort liegenden Figur ist, so rücken gemäß der resultierenden Querdisparation der obere und der untere Punkt (Ring) in entgegengesetzte Tiefenrichtungen, während die Verhältnisse im Mittelbereich unverändert bleiben. Das Ausmaß der Drehung ist für den VI an einer Skala des Gerätes in Winkelgraden mit einer Genauigkeit von 30' ablesbar.

Vorversuche ergeben, daß bei PD-1, also beim DE, das Halbbild B um etwa 10° nach rechts bzw. links gedreht werden muß, damit der obere bzw. der untere Punkt in die gleiche anschauliche Tiefenebene zu liegen kommt wie der Punkt in der Mitte.

Durch die Drehung tritt neben der Querdisparation auch eine leichte Längsdisparation ein. Abb. 26 verdeutlicht die geometrischen Verhältnisse. Wie man sieht, ist die Querdisparation im fraglichen Bereich annähernd als lineare Funktion des Drehwinkels zu betrachten (aufsteigender Teil einer Sinusfunktion). Die Längsdisparation (eine quadratische Sinusfunktion) ist im kritischen Bereich sehr gering, sie erreicht erst bei einer Auslenkung des Halbbildes um 20° die Grenze des PANUMschen Fusionsareals, das sich bekanntlich über ca. 6' von seinem Mittelpunkt aus erstreckt (zur Berechnung der Quer- und Längsdisparation siehe 10.13. im Anhang).

6.3. Durchführung

Zwei Gruppen von je zehn Vpn werden gebildet. Beide Geschlechter sind gleich häufig vertreten. Gruppe 1 besteht aus sieben Psychologiestudenten, einem Diplompsychologen und zwei Kunststudenten, Gruppe 2 besteht aus fünf Psychologiestudenten, zwei Kunststudenten und drei weiteren Personen im Alter zwischen 20 und 30 Jahren. Alle 20 Vpn entsprechen dem Kriterium zur Tiefensehfähigkeit gemäß dem unter 4.2. genannten Vortest. Etwaige Korrekturgläser werden im Versuch aufbehalten. Der Kopf der Vp wird durch Kinn- und Stirnstütze fixiert. Gruppe 1 führt die Versuche PD-1 und PD-3 durch, also nur solche zum DE, Gruppe 2 führt die Versuche PD-2 und PD-4 durch, also nur solche zum PE. Damit ist die Unabhängigkeit der Messung beider Effekte gewährleistet.
An jedem Vorlagenpaar werden pro Vp acht Einzelmessungen durchgeführt. Die Anzahl ergibt sich aus den 2x2x2 Kombinationsmöglichkeiten der lateralen Position der Halbbilder, der Position der Figur im Mittelbereich, auf die der Tiefenvergleich bezogen ist, und der veränderlichen Vergleichsfigur. Die acht Einstellungen führt jede Vp zusammen mit denen des anderen Teilversuchs in Zufallsfolge durch. In der Sequenz gepaart bleiben dabei lediglich die Einstellungen der oberen und unteren Vergleichsfigur, um die Meßgenauigkeit nicht durch unvermeidliche Verkantungen der Vorlagen zu beeinträchtigen.
Nach Erläuterungen zur Handhabung der Verstellmöglichkeiten am Drehstereoskop erfolgt als Versuchsanweisung:
"Bitte, beschreiben Sie mir, was Sie sehen. - Verstellen Sie jetzt etwas den Hebel auf der rechten (linken) Seite des Gerätes und sagen mir, ob Sie eine Veränderung bemerken. -
Sie können also die Tiefenlage der oberen und der unteren Figur verändern. Achten Sie jetzt besonders auf den (linken, rechten) Punkt (Ring) in der Mitte. Verstellen Sie das Gerät soweit, daß der obere (untere) Punkt (Ring) in die gleiche Tiefe zu liegen kommt wie der Punkt (Ring) in der Mitte. Arbeiten Sie dabei möglichst genau."

6.4. Ergebnisse

Es bereitet den Vpn offensichtlich keine Schwierigkeiten, ihre Aufgabe zu erfüllen. In allen Fällen ist die Tiefenlage der zu vergleichenden Figuren bestimmt genug, um eindeutig auf Gleichheit einstellen zu können. Eine Vertauschung des "Vorn und Hinten" tritt in keinem Falle ein. Die Einstellungen erfolgen stets innerhalb einer Zeitspanne von 5 - 15 Sekunden.
Im Anhang (unter 12.) sind die Werte aus den Einzelmessungen in den Versuchen zum DE (PD-1 und PD-3) der Tab. 29 zu entnehmen, die Einzelwerte aus den Versuchen zum PE (PD-2 und PD-4) der Tab. 30. Die Extremwerte aller 320 Einzeldaten liegen bei einem Drehwinkel von 5° 30' und bei 15° 30', womit die Querdisparation zwischen 7' 40" und 21' 23" liegt, die Längsdisparation zwischen 0' 22" und 2' 55".

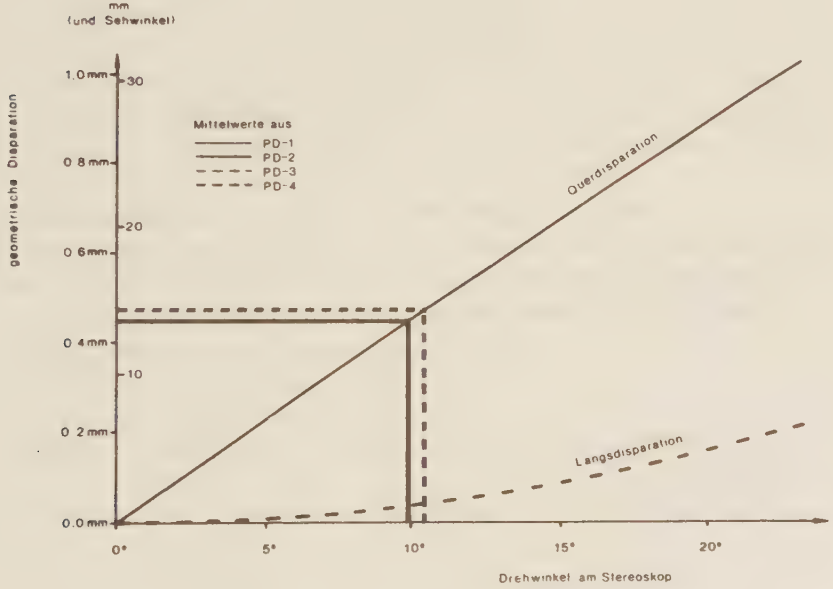


Abb. 26: Quer- und Längsdisparation in Abhängigkeit von der physikalischen Meßgröße

Die Tabellen 29 und 30 enthalten außerdem die Durchschnittswerte x_i, welche sich aus den acht Einzeldaten pro Vp und Versuch ergeben. Die dadurch jeweils erhaltenen zehn Werte x_i haben den Mittelwert $\bar{x}$ und die Standardabweichung s_x. Beide sind, als Skalenwinkel und als Querdisparationsmaß, der Tab. 31 zu entnehmen.

Tab. 31: Mittelwerte und Streuungen der durchschnittlichen Meßergebnisse pro Versuch und Vp zu PD-1 bis PD-4

Versuch	Wert	Drehung Bogenmaß	Querdisparation mm	Querdisparation Bogenmaß
PD-1 (N=10)	$\bar{x}$	9° 58'	0,476	14' 29"
	s_x	0° 12'	0,010	0' 18"
PD-2 (N=10)	$\bar{x}$	9° 52'	0,471	14' 20"
	s_x	0° 16'	0,013	0' 23"
PD-3 (N=10)	$\bar{x}$	10° 29'	0,500	15' 13"
	s_x	0° 11'	0,009	0' 16"
PD-4 (N=10)	$\bar{x}$	10° 25'	0,497	15' 08"
	s_x	0° 23'	0,018	0' 34"

Die Mittelwerte liegen sehr eng beieinander. Die Streuungen sind extrem klein, sie liegen in der Größenordnung nahe der Tiefenschwelle bei Querdisparation (s. 51, S. 184 ff.).
Beim Vergleich der beiden Mittelwerte aus PD-1 und PD-2 ergibt sich nach dem t-Test für unabhängige Stichproben (10.2.):

$$t = 1{,}00 \qquad FG = 18$$

Der Unterschied ist bei $\alpha = 5\%$ und zweiseitiger Fragestellung nicht signifikant.
Der entsprechende Vergleich von PD-3 und PD-4 ergibt:

$$t = 0{,}54 \qquad FG = 18$$

Der Unterschied ist ebenfalls nicht signifikant.
Beim Vergleich der Varianzen von PD-1 und PD-2 nach 10.5. ergibt sich:

$$F = 2{,}03 \qquad FG_1 = FG_2 = 9$$

Die Homogenitätshypothese ist mit $\alpha = 5\%$ beizubehalten.
Beim entsprechenden Vergleich der Varianzen von PD-3 und PD-4 ergibt sich:

$$F = 4{,}50 \qquad FG_1 = FG_2 = 9$$

In diesem Falle muß die Homogenitätshypothese bei $\alpha = 5\%$ abgelehnt werden. Die Varianzen sind verschieden groß.

6.5. Interpretation und Diskussion

Die Ergebnisse fallen erstaunlich klar aus. Die Tiefenlokalisation beim PE ist nicht nur in der Richtung, sondern auch im Maß die gleiche wie bei normaler Disparation. Der PANUMsche Tiefeneffekt ist demnach nicht von der Art mancher monokularer Tiefenfaktoren wie z.B. der Verdeckung, die zwar Vorn und Hinten eindeutig trennen, nicht aber eine sichere Aussage über den Tiefenunterschied gestatten. Die unter 6.1. erstgenannte Hypothese ist also zu verwerfen.
Manche Theoretiker haben den PE aus einer Aufteilung der Funktionsstärke der isolierten Figur im einen Halbbild auf die beide Figuren des anderen Halbbildes zurückführen wollen. Unabhängig davon, ob die isolierte Figur im Sammelbild einfach oder aufgeteilt erscheint (was noch nicht restlos geklärt ist), ist eine Art energetischer Aufspaltung denkbar, die sich in einem reduzierten (z.B. arithmetisch oder geometrisch halbierten) Tiefenmaß bemerkbar machen könnte. Anhand der vorliegenden Befunde muß aber eine solche Annahme, die Hypothese 2 entspricht, verworfen werden.
Stattdessen zeigt sich, daß die PANUM-Konstellationen einen Tiefenunterschied gleichen Grades wie die Konstellationen normaler Disparation erbringen. Trotz der extrem geringen Streuung der Durchschnittswerte, die wie die durchschnittliche Disparationsdifferenz weit unter der Ablesegenauigkeit für Einzelwerte liegt, erweist sich der Unterschied der Mittelwerte als nicht bedeutsam. Dieser Befund gilt für zwei so verschiedene Figurationen wie in PD-1 und PD-2 einerseits und in PD-3/PD-4 andererseits in gleich-

Weise. In PD-2 handelt es sich bei den kritischen Figuren um zwei Punkte, die von vornherein getrennt sind und eine relativ instabile Lagebeziehung haben. In PD-4 dagegen sind es zwei ineinandergeschlungene Ringe, die sich erst im Zuge des Tiefeneffekts voneinander lösen. Trotz dieser scheinbar erschwerenden Bedingung ist der Tiefeneffekt von gleicher Art.

Hypothese 4 ist als zutreffend anzunehmen, mit einer Einschränkung: bei PE ist die Streuung gegenüber DE leicht erhöht (vgl. Hypothese 3). Der Unterschied ist nur im Vergleich der Versuche an den Ringen signifikant und ist absolut äußerst minimal. Dennoch besteht die Möglichkeit, daß sich in diesem Befund ein geringer Unterschied zwischen PE und DE in der Tiefenbestimmtheit zeigt. Offen bleibt dabei, ob die Streuung in der Tiefenbestimmtheit als Variation der anschaulichen Tiefendistanz oder als Ausdruck unterschiedlicher Tiefendeutlichkeit zu verstehen ist (vgl. die Unterscheidung von Tiefenunterschied und -deutlichkeit bei LINSCHOTEN, 51, S. 184 ff.).

Die Messungen dieser Versuche geben keinerlei Aufschluß über die absoluten anschaulichen Distanzen beim Tiefensehen. Sie geben auch keinen Aufschluß über die absolute Funktionsweise des PANUM-Effekts. Sie machen aber in hohem Grade wahrscheinlich, daß der PANUM-Effekt und damit die Tiefeneffekte der PW-Experimente die gleiche funktionale Grundlage haben wie allgemein das Tiefensehen durch Querdisparation.

Die Experimente PD-1 bis PD-4 lassen als Erkundungsversuche ein weites Forschungsfeld offen. Die Standardkonstellationen bestehen bislang in einer bestimmten konstanten Querdisparation bei allen vier Versuchsbedingungen. Es bleibt zu prüfen, welche Funktionen sich bei systematischer Variation des Disparationsmaßes ergeben. Vermutlich erst hiernach kann endgültig entschieden werden, ob der PANUM-Effekt als Disparationseffekt erklärt werden muß oder nicht.

Auf die Fragestellung zu den PW-Experimenten wird neben dem PANUM-Effekt der WITTE-KÖNIG-Effekt angewandt. Seine dortige Interpretation als kontralaterale Suppressionswirkung soll zum näheren Verständnis der Vorgänge im Folgenden differenzierter geprüft werden.

7. Experimente zur Untersuchung der Bedingungen des WITTE-KÖNIG-Effekts (WK-Experimente)

7.1. Die Hypothese der Dominanz relativer Unstetigkeiten

In seiner 1962 veröffentlichten Arbeit untersucht E. KÖNIG das Lückenphänomen unter verschiedensten Bedingungen der figuralen Einbettung, der Helligkeits- und Größenverhältnisse. Überall erweist sich der Effekt als von gleicher Art (44). HELSON & WILKINSON bestätigen die Beobachtung KÖNIGs, daß die Lücke sich umso später schließt, je kleiner sie ist (22). HANSEN liefert eingehende Phänomenbeschreibungen besonders für Fälle größerer Lücken (18). ZAJAC macht, wie eingangs beschrieben, auf einen zusätzlichen Tiefeneffekt aufmerksam (78). Allen Autoren fällt auf, daß sich das Phänomen entgegen den bisherigen Erwartungen zu verhalten scheint (s. 41). Keinem der Autoren gelingt jedoch bislang eine schlüssige Erklärung des Effekts. Es scheint, als entzöge er sich der Reichweite bisheriger Theorien. Im Folgende soll versucht werden, das Paradoxon anhand eines allgemein als gültig angesehenen Prinzips zu deuten, und zwar dadurch, daß dieses Prinzip selbst in eine differenziertere Fassung gebracht wird.

Wie bereits erwähnt, dominiert im binokularen Sehen eine unilaterale Kontur gegenüber einer kontralateralen homogenen Fläche. Der entsprechende Vorgang wird im allgemeinen als "Konturprozeß" bezeichnet. Er ist höchstwahrscheinlich verantwortlich für die Suppression des Vollkreises durch den Ring in den VR-Experimenten. Zur Erklärung des WITTE-KÖNIG-Effekts (im weiteren kurz WK-Effekt) reicht er als solcher indessen nicht hin.

Nach dem Gesetz des Konturprozesses ist zu erwarten, daß die Grenzen der unilateralen Lücke einen Teil der schwarz-weißen Grundfärbung ins Sammelbild einbringen. Gleiches ist aber auch von der durchgehenden Linie zu erwarten. Das Ergebnis müßte demzufolge eine Erscheinung sein, die dem Bild in Abb. 27 nahekommt. Das Suppressionsareal einer Kontur wird bekanntlich mit zunehmender Entfernung schwächer (siehe die quantitativen Experimente v

KAUFMAN, 37). Hiernach müßte die Lücke rechts und links, wo sie von den Grenzen des unterbrochenen Streifens bestimmt wird, weiß sein, oben und unten aber, wo sie von den Konturen des durchgehenden Streifens bestimmt wird, schwarz. In einer schräg kreuzförmigen Übergangszone wäre ein mischfarbiges Gleichgewicht oder gleichgewichtiger Wettstreit zu erwarten (s. Abb. 27 A).

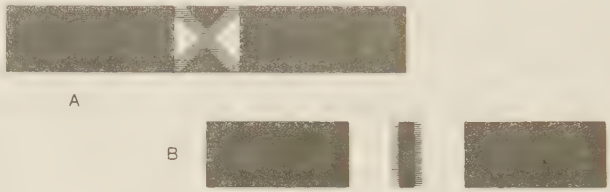


Abb. 27: Hypothetisches Erscheinungsbild der Lücke nach dem Kontureffekt (A) und tatsächliches Erscheinungsbild bei größeren Lücken nach KÖNIG (B)

Tatsächlich treten - und das nur bei größeren Lücken - Bilder wie in Abb. 27 B auf, in denen im Mittelfeld der Lücke Reste des durchgehenden Streifens erscheinen. Bei kleinen Lücken verschwindet der auf das Konto der durchgehenden Konturen zu buchende Anteil vollständig. Diese einseitige Ineffektivität der Konturen bleibt zu erklären.

Die Kontur ist ein Farbsprung in der Fläche, eine Unstetigkeit innerhalb eines stetigen Gebildes. Im Verlauf der Kontur ist nur wiederum eine Stetigkeit zu sehen, der gegenüber die Ecke, der Knick oder der Endpunkt Unstetigkeiten darstellen. Das Konturprinzip läßt sich dementsprechend allgemeiner fassen in dem Sinne, daß im binokularen Wettstreit stets die relative Unstetigkeit prävaliert, der Eckpunkt gegenüber der Kontur wie die Kontur gegenüber der Fläche. Im Falle einer solchen Suppressionshierarchie besteht, wie in Abb. 28 veranschaulicht, ein zusätzlich von den Ecken ausgehender Effekt, der die in Abb. 27 A als schwarze Dreiecke bezeichneten Bereiche superponierend unterdrückt und im Falle größerer Lücken (B) ein schmales Streifenstück freigibt.

Unter vier verschiedenen Aspekten soll empirisch überprüft werden, ob solche punktuellen Unstetigkeiten tatsächlich für den WK-Effekt verantwortlich zu machen sind.

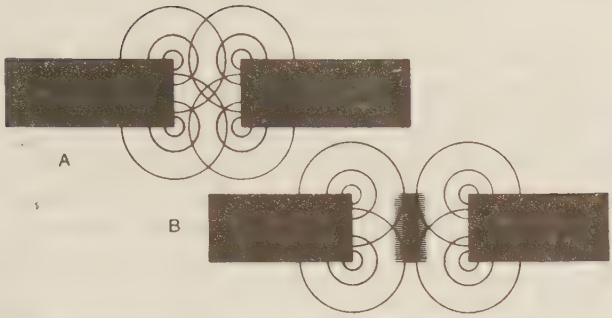


Abb. 28: Veranschaulichung der Unstetigkeitshypothese

7.2. Allgemeines zur Versuchsanordnung

Als Beobachtungsgerät findet das ZEISSsche Spiegelstereoskop Verwendung. Die Vorlagen sind durch eine 60-W-Tischlampe gleichmäßig beleuchtet. Schwarze Blenden begrenzen das Blickfeld auf die Vorlagen. Die übrige Versuchsanordnung ähnelt der des ADT (s.9.) Auf der rechten Seite des Gerätes, bequem mit der rechten Hand zu bedienen, ist ein Hebelschalter angebracht, der in drei Stellungen leicht arretiert. Die Schalterpositionen werden von einem Polygraphen fortlaufend registriert.
Als Versuchsvorlagen dienen Paare von Mustern, die nach dem Grundprinzip des WITTE-KÖNIG-Effekts konstruiert sind. Die Halbbilder A enthalten stets durchgehende Konturen, die Halbbilder B in der Regel unterbrochene Konturen.

7.3. Allgemeines zur Durchführung

An allen vier Versuchen der WK-Reihe nehmen die gleichen Vpn teil Es handelt sich um neun Psychologie- und einen Pädagogikstudenten sowie um einen Diplompsychologen. Sechs Personen sind weiblich, fünf männlich.
Vor der Beobachtung durchs Stereoskop werden die Bilder einzeln vorgelegt mit der Bitte, den Unterschied zu beschreiben. Daraufhin erfolgt die Anweisung:
"Bitte, schauen Sie jetzt in das Stereoskop und beschreiben mir, was Sie sehen. -
Es ist möglich, daß Sie im mittleren Teil der Figur einen durchgehenden Streifen beobachten, so, wie sie ihn vorhin in einem der beiden Bilder beobachtet haben. Es ist möglich, daß Sie eine Unterbrechung sehen, so klar, wie es auf dem anderen Bild zu sehen

war. Es ist auch möglich, daß die Erscheinung weder ganz der einen noch ganz der anderen Erscheinung entspricht.
Rechts neben dem Gerät befindet sich ein kleiner Hebel. Mit seiner Hilfe können Sie mir mitteilen, was Sie gerade sehen. Sehen Sie klar die Unterbrechung, so drücken Sie den Hebel nach oben. Sehen Sie klar den durchgehenden Streifen, so drücken Sie den Hebel nach unten. Entspricht die Erscheinung keiner dieser beiden Möglichkeiten ganz, so stellen Sie den Hebel in Mittelposition. Er soll immer solange, wie die Erscheinung anhält, in der entsprechenden Position bleiben. Etwaige Änderungen zeigen Sie bitte sofort an. Lassen Sie den Blick die ganze Zeit über im Zentrum der Figur wandern.
Bitte, wiederholen Sie Ihre Aufgabe, damit ich weiß, ob ich mich Ihnen verständlich gemacht habe."
Nach einem kurzen Probedurchgang beginnt der Versuch. Er umfaßt die Beobachtung aller neun Vorlagenpaare aus den vier WK-Experimenten. Jedes Paar wird in beiden lateralen Positionen vorgelegt. Die Beobachtung dauert jeweils genau zwei Minuten.
Der gesamte Versuch wird in umgekehrter Reihenfolge der Durchgänge an einem der darauffolgenden Tage wiederholt.
Im Anschluß daran wird der ADT durchgeführt.

7.4. Allgemeines zur Auswertung

Für jedes Vorlagenpaar ergibt sich pro Vp eine Beobachtungszeit T von insgesamt acht Minuten. Die Dauer und der Wechsel der äußeren Halbbildpositionen bildet sich in den Ausschlägen auf dem Registrierstreifen des Polygraphen ab. Zwei Minuten entsprechen da bei einer Streifenlänge von 22,5 cm. Die einander entsprechenden Prävalenzzeiten werden aufsummiert, die Übergänge zw. Extrem- und Mittelposition ausgezählt. Bestimmt werden
a) die Prävalenzzeiten für die Lücke (P_L) und die Konturen (P_K) bei beiden lateralen Positionen der Halbbilder,
b) die Häufigkeit F von Änderungen der Hebelposition,
c) die Quartile für F über die Gesamtwerte aller elf Vpn,
d) eine Maßzahl D für die Prävalenzdifferenz, die ähnlich wie der AD-Wert des ADT berechnet wird:

$$D = \frac{P_L - P_K}{T} \times 100$$

Ein positiver Wert für D bezeichnet das Überwiegen der "Lückenzeit", ein negativer Wert das Überwiegen der "Konturzeit". Werte von + 100 oder - 100 entsprechen einer totalen Dominanz, D = 0 entspricht gleichgewichtigem Wettstreit oder dauerndem Mischbild. Ein Wert von bspw. D = 20,5 bedeutet, daß die Lückenzeit um 20,5% der gesamten Beobachtungszeit die Konturzeit übertrifft.

e) die Quartile für D über die Gesamtwerte der elf Vpn.

Einer statistischen Prüfung werden die folgenden Fragen unterzogen:
a) Prävaliert die Lücke stärker als die Kontur? Verwendung findet hier der Vorzeichentest von DIXON & MOOD (s. 10.7.), in den die 11 Vorzeichen der D-Werte eingehen. Festgelegt wird $\alpha = 1\%$ (einseitige Fragestellung). Danach ist die Abweichung hochsignifikant, wenn D bei mehr als neun Vpn einen positiven Wert annimmt.
b) Unterscheidet sich der Wert D, der sich für ein bestimmtes Vorlagenpaar ergibt, von dem Wert D eines anderen Vorlagenpaares? Angewandt wird hier der t-Test für korrelierte Stichproben (10. 1.). Festgelegt wird $\alpha = 1\%$ (zweiseitige Fragestellung). Der Unterschied ist hochsignifikant, wenn sich ein Wert für $t > 3{,}17$ (FG = 10) ergibt.

7.5. Experiment WK-1: Zum Effekt intrafiguraler Unstetigkeitsstellen

7.5.1. Vorlagen

Trifft die Unstetigkeitshypothese in der oben formulierten Form zu, so müßte sich der Lückeneffekt durch weitere Unstetigkeitsstellen im kritischen Bereich verstärken lassen. Zur Prüfung dieser Annahme dienen die in Abb. 29 wiedergegebenen drei Vorlagenpaare.
In WK-1a kommt in der beidäugigen Betrachtung ein unterbrochener breiter Streifen mit einem durchgehenden Streifen zur Deckung. Die Lücke ist relativ groß, um den Effekt instabil zu halten.
In b und c besteht die Unterbrechung anstatt in einem geraden in einem geknickten Schnitt, wodurch zwei zusätzliche Unstetigkeitsstellen entstehen. In b sind die getrennten Teile des Streifens in vertikaler Richtung um den gleichen Betrag entfernt wie in a, in c sind die Teile in schräger Richtung (45°) um den gleichen Betrag entfernt. Die Lücke in b ist also von gleicher Fläche, die

Lücke in c von gleicher Breite wie die in a.

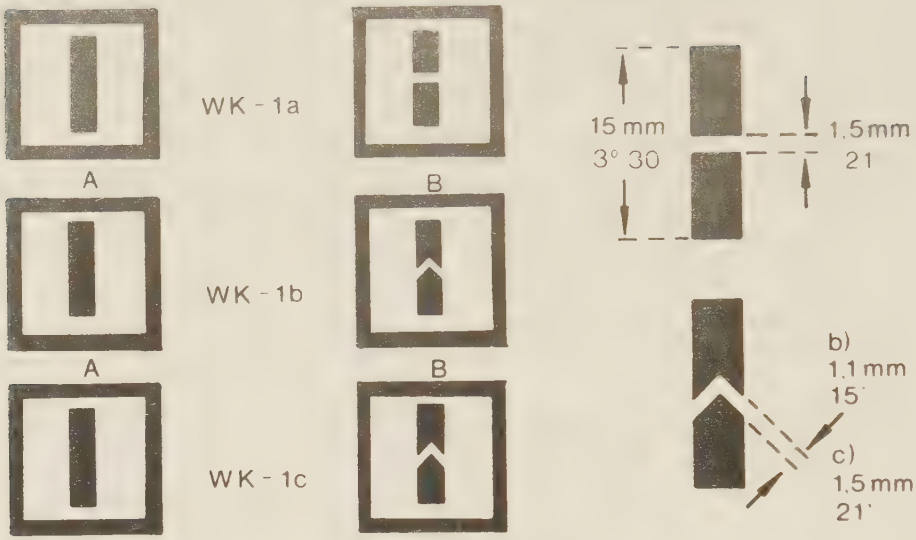


Abb. 29: WK-1, Vorlagen

7.5.2. Ergebnisse

Im einzelnen sind die Ergebnisse Tab. 32 und 33 zu entnehmen. Tab. 37 enthält in einer Überschau die Quartile für die Werte D und F.

Tab. 37: WK-1, Quartile der Gesamtwerte

	WK-1a		WK-1b		WK-1c	
	D_a	F_a	D_b	F_b	D_c	F_c
ob. Qu.	56,6	77	100,0	13	99,3	21
Median	45,9	65	98,4	3	94,4	10
unt. Qu.	1,4	28	79,1	0	81,5	4

Abkürzungen D und F gemäß 7.4.

Die Lücke prävaliert bei zehn der elf Versuchspersonen und ist damit hochsignifikant häufiger als die Prävalenz des durchgehenden Streifens. Mit einem mittleren D = 45,9 liegt P_L um einen Betrag höher als P_K, der nahezu die Hälfte der Darbietungszeit ausmacht. In b liegt kein Wert im negativen Bereich (hochsignifikante Prävalenz der Lücke). D_b liegt wesentlich höher als D_a, mit einem Md von 98,4 in der Nähe des positiven Maximums. Das untere Quartil liegt weit über dem oberen Quartil aus a. Der auf die Paardifferenzen $D_b - D_a$ angewandte t-Test ergibt:

$t = 6,02 \quad FG = 10$

Der Unterschied ist hochsignifikant.
Auch in c ist kein Wert für D negativ (hochsignifikante Prävalenz der Lücke). Der Median ist mit 94,5 etwas geringer als für b, dennoch ist die Relation zu a ähnlich wie dort. Der t-Test für $D_c - D_a$ ergibt hier:

$t = 6,13 \quad FG = 10$

Der Unterschied ist hochsignifikant.
Bei einem Vergleich $D_b - D_c$ ergibt sich:

$t = 1,77 \quad FG = 10$

Dieser Unterschied läßt sich statistisch nicht absichern.

Die Frequenzen in a sind mit einem mittleren F = 65 (pro 480 Sek. wesentlich höher als in b und c (F = 3 bzw. 10). Es ergibt sich bei $F_b - F_a$:

$t = 5,43 \quad FG = 10$

und bei $F_c - F_a$:

$t = 5,13 \quad FG = 10$

In beiden Fällen ergeben sich hochsignifikante Unterschiede. Dagegen zeigt sich für $F_b - F_c$ mit

$t = 2,19 \quad FG = 10$

kein statistisch bedeutsamer Unterschied.

7.5.3. Interpretation

Die Ergebnisse zeigen, daß durch die Änderung der Vorlagen eine erhebliche Steigerung und Stabilisierung des Suppressionseffekts eintritt. Totale Dominanz während der acht Minuten Gesamtzeit wird zwar selten ganz erreicht (in a 1x, in b 3x, in c 2x), oft aber annäherungsweise. Die damit verbundene Asymmetrie in der Verteilung rechtfertigt die Wahl der Quartile zur Kennzeichnung von Mittelwert und Streuung. In der Nähe zur totalen Dominanz bei b und c ist auch der Grund dafür zu suchen, warum die Ergebnisse bei den auf Flächengleichheit konstruierten Vorlagen sich kaum von denen bei auf Breitengleichheit konstruierten Vorlagen unterscheiden, obwohl beide Lücken in der Größe um den Faktor $\sqrt{2}$ differieren.
Die Stabilisierung des WK-Effekts unter den Bedingungen b und c wird nicht zuletzt deutlich in der verminderten Wettstreitfrequenz. Während in a ca. alle 7 Sekunden ein Wechsel erfolgt, ist in Koinzidenz mit starker Prävalenz in b und c die Erscheinungsweise weitgehend konstant (vgl. die in der Eichung des ADT beobachtete Relation von Dominanzgrad und Wettstreitfrequenz). Die Ergebnisse von WK-1 sprechen für die Richtigkeit der Unstetigkeitshypothese. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die Vorlagen b und c sich nicht nur durch die zusätzlich eingeführten Konturecken von der Vorlage a unterscheiden. Damit verbunden ist z.B. eine Schiefwinkligkeit der übrigen Ecken, deren Effekt gegenüber der Rechtwinkligkeit in a offen bleibt.

7.6. Experiment WK-2: Zum Effekt extrafiguraler Unstetigkeitsstellen

7.6.1. Vorlagen

Die bisher eingeführten Unstetigkeitsstellen befinden sich sämtlich innerhalb der kritischen Figur, sind selbst Bestandteil der Lücke. Die Unstetigkeitshypothese läßt jedoch auch Einflüsse von Konturecken zu, die außerhalb der Lücke liegen. Zur Prüfung eines solchen Einflusses wird der Versuch an den beiden in Abb. 30 wiedergegebenen Vorlagenpaaren durchgeführt.

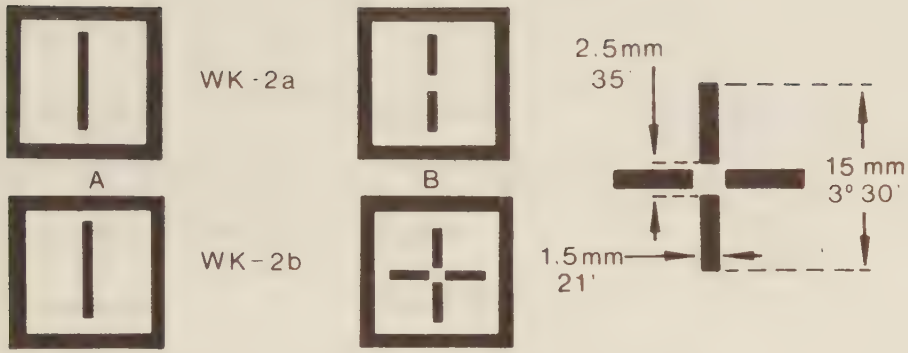


Abb. 30: WK-2, Vorlagen

In Experiment a besteht eine WK-Anordnung mit sehr weiter Lücke. In b befinden sich im Halbbild des unterbrochenen Streifens zwei weitere Streifen, deren eines Ende jeweils in die Nähe der Lücke ragt. Durch diese Enden werden zusätzliche Unstetigkeitsstellen in die Nähe des Lückenbereichs gebracht.

7.6.2. Ergebnisse

Die Einzelergebnisse sind Tab. 34 zu entnehmen. Einen Überblick vermittelt Tab. 38.

Tab. 38: WK-2, Quartile der Gesamtwerte

	WK-2a		WK-2b	
	D_a	F_a	D_b	F_b
ob. Qu.	15,5	139	83,6	98
Median	6,2	108	29,0	86
unt. Qu.	-25,1	75	23,2	39

Abkürzungen D und F gemäß 7.4.

Mit einem Median von 6,2 ist D in WK-2a zwar positiv, das untere Quartil ragt jedoch stärker in den negativen Bereich hinein als das obere Quartil in den positiven. Nach dem Vorzeichentest tritt weder die Lücke noch der Streifen nennenswert hervor. In b dagegen ist D in allen Fällen positiv (hochsignifikante Prävalenz der Lücke), wenn auch der Median mit 29,0 nicht allzu hoch liegt.

Der t-Test erbringt für die Paardifferenzen $D_b - D_a$:

$t = 6{,}62 \qquad FG = 10$

Der Unterschied zwischen den Ergebnissen beider Teilversuche ist hochsignifikant.
Für die Wettstreitfrequenz ergibt sich ein entsprechendes Bild. Sie ist in a mit F = 108 recht hoch. Auch für b ergibt sich noch ein Median von F = 86, dennoch ist der Unterschied $F_b - F_a$ hochsignifikant:

$t = 3{,}18 \qquad FG = 10.$

7.6.3. Interpretation

In a zeigt sich ein Fall, in dem sich reger und annähernd ausgeglichener Wettstreit zwischen Lücke und Streifen entwickelt. Bei der vorliegenden Größe der Lücke ist eine solche Instabilität des WK-Effekts zu erwarten.
Eine eindeutige Verschiebung zugunsten der Prävalenz der Lücke erbringt die Einführung der zusätzlichen Unstetigkeitsstellen in den Lückenbereich. Unter dieser Bedingung unterscheiden sich P_L und P_K um annähernd ein Drittel der Beobachtungszeit. Die extrafiguralen Unstetigkeiten haben also einen Löschungseffekt, der dem von intrafiguralen Unstetigkeiten vergleichbar ist.
Doch auch dieses Experiment reicht für die Annahme der Unstetigkeitshypothese in obiger Form nicht hin. Es muß die Frage gestellt werden, ob mit den in den Lückenbereich eingebrachten Enden tatsächlich die Ecken, die abschließenden Konturen oder die gesamten Zusatzfiguren im Sinne einer verstärkten Löschung der kontralateralen Kontur effektiv sind. Eine solche Trennung gestattet der nächste Versuch.

7.7. Experiment WK-3: Zum Effekt einer Umkehr der Unstetigkeitsverhältnisse

7.7.1. Vorlagen

Abb. 31 enthält zunächst wieder ein einfaches Beispiel der WK-Anordnung. Die Lücke in a ist ebenso hoch wie breit.

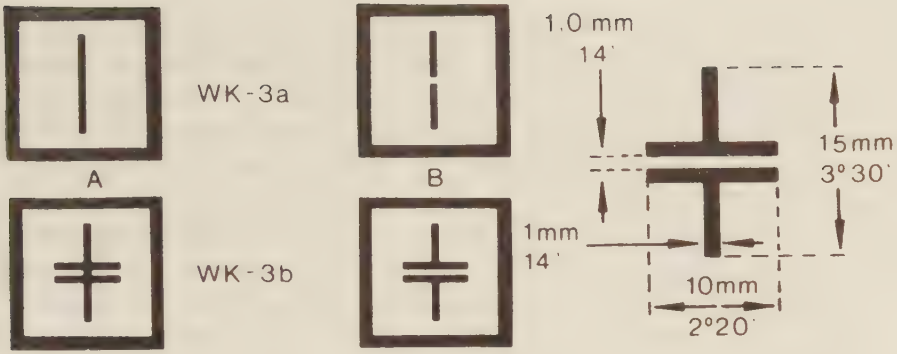


Abb. 31: WK-3, Vorlagen

In b sind dem sonst gleichen Muster ober- und unterhalb der Lücke bzw. des korrespondierenden Streifenabschnitts zwei horizontale Streifen hinzugefügt, und zwar so, daß die vier Ecken der Lücke verdeckt sind. Stattdessen bilden sich zusammen mit dem durchgehenden Streifen im anderen Halbbild vier eckenhafte Unstetigkeitsstellen. Die ursprüngliche Unterbrechung im erstgenannten Halbbild bleibt erhalten. Nach der Unstetigkeitshypothese müßte nunmehr der durchgehende Streifen stärker prävalieren, der Effekt also eine Umkehr erfahren.
In der Durchführung wird im Anschluß an Versuch WK-3b die Frage gestellt: "Ist Ihnen während der Beobachtung aufgefallen, daß der Zwischenraum der beiden parallelen Streifen als weißer horizontaler Streifen gesehen werden kann?"

7.7.2. Ergebnisse

Die Daten der einzelnen Vpn enthält Tab. 35. Tab. 39 gibt die Übersicht:

Tab. 39: WK-3, Quartile der Gesamtwerte

	WK-3a		WK-3b	
	D_a	F_a	D_b	F_b
ob. Qu.	75,8	106	-50,6	126
Median	57,0	72	-67,3	82
unt. Qu.	7,9	25	-88,1	23

Abkürzungen D und F gemäß 7.4.

In Versuch a haben zwei Vpn zwar einen schwach negativen D-Wert (die Prävalenz der Lücke ist nach dem Vorzeichentest demnach nicht signifikant höher als die des Streifens), doch liegen sämtliche Quartile im positiven Bereich. Im Mittel übertrifft die Prävalenzzeit der Lücke die des Streifens um mehr als die Hälfte der Darbietungszeit.
In b dagegen besteht in allen elf Fällen ein negativer Wert für D. Die durchgehende Linie prävaliert hier hochsignifikant gegenüber der Lücke, im Mittel um ca. 2/3 der Beobachtungszeit.
Der Vergleich im t-Test $D_b - D_a$ ergibt mit dem hochsignifikanten Wert

$$t = 8{,}23 \qquad FG = 10$$

die zusätzliche Absicherung des Unterschieds.
Zur Prüfung der Frage, ob der Effekt in b, abgesehen von seiner Richtung, im Ausmaß von a verschieden sei, wird der t-Test für $-D_b - D_a$ angewandt und ergibt:

$$t = 2{,}03 \qquad FG = 10$$

Dieser Unterschied erweist sich als nicht bedeutsam.

Die mittleren Wettstreitfrequenzen liegen mit $F_a = 72$ und $F_b = 8$ relativ eng beieinander. Der t-Test führt bei $F_a - F_b$ zu

$$t = 1{,}01 \qquad FG = 10$$

und zeigt damit keinen signifikanten Unterschied auf.

Auf die Anschlußfrage zu b geben alle Vpn sinngemäß die gleiche Antwort. Sie können diese Auffassungsmöglichkeit, nachdem sie darauf aufmerksam gemacht worden sind, durchaus realisieren. Während der vorhergegangenen Beobachtung aber hat nach ihrer Aussage stets der vertikale schwarze Streifen figuriert, gekreuzt von zwei horizontalen schwarzen Streifen.

7.7.3. Interpretation

Die Ergebnisse sind in mehrfacher Hinsicht aufschlußreich. Der Lückeneffekt scheint unter der eingeführten Modifikation in sein Gegenteil verkehrt zu sein.
Der Kontureffekt als solcher kann endgültig für den Löscheffekt nicht in Frage kommen. In diesem Falle hätte in Versuch b ein

ausgewogener Wettstreit bestehen müssen, da in beiden Halbbildern die Gesamtlänge der Konturen, besonders aber im kritischen Bereich, gleich groß ist. Tatsächlich überwiegen klar die Prävalenzzeiten derjenigen Figur, in der die Konturen Ecken bilden. Daß es bei der üblichen WK-Anordnung nicht zur figuralen Ausfüllung der Lücke kommt, erhält ein neues Licht dadurch, daß es bei diesem Effekt überhaupt nicht auf die Figuralauffassung anzukommen scheint. Der Zwischenraum der parallelen Streifen in WK-3b ist theoretisch im Sinne einer Figur-Grund-Vertauschung als weißer Streifen erfahrbar, der im einen Halbbild durchgehend, im anderen unterbrochen ist. Unter dieser Auffassung böte das Ergebnis nicht Neues gegenüber dem Befund E. KÖNIGs, daß der WK-Effekt auch bei weißen Figuren auf schwarzem Grund auftritt. Wesentlich ist aber, daß diese Figurauffassung spontan niemals verwirklicht wird. Figur ist in a und b der vertikale Streifen, dessen Mittelteil sich in beiden Versuchen genau gegensätzlich verhält. Die Unstetigkeitsstellen spielen demnach ihre supprimierende Rolle unabhängig von der verwirklichten Figurauffassung.
Der Terminus "Lückenphänomen" trifft daher den Sachverhalt nicht mehr genau. Der WITTE-KÖNIG-Effekt ist ein Unstetigkeitseffekt, der unabhängig von der Lücke als figuralem Merkmal auftritt.

7.8. Experiment WK-4: Zum Effekt einer Serie von Unstetigkeitsstellen

7.8.1. Vorlagen und Versuchsdurchführung

Die vorläufig letzte Prüfung der Unstetigkeitshypothese soll in dem Versuch bestehen, eine längere Kontur zu supprimieren, nachdem sich bislang der WK-Effekt nur in der Löschung kleinerer Konturabschnitte gezeigt hat.
Mit dem in Abb. 32a wiedergegebenen Vorlagenpaar soll zunächst geprüft werden, wie sich unter den Verhältnissen dieser Versuchsanordnung eine Kontur gegenüber einer homogenen Fläche verhält. Zur gleichmäßigen Abhebung des schwarzen wie des weißen Halbbildareals vom Untergrund ist der Figurbereich von einem mittelgrauen Passepartout umgeben. In Modifikation der allgemeinen Durchführung

erfolgt hier als Versuchsanweisung im Anschluß an die Vorführung der einzelnen Halbbilder:
"...Es ist möglich, daß Sie im Stereoskop die horizontale Kontur sehen. Es ist möglich, daß die Kontur verschwindet. Es ist auch möglich, daß die Kontur nur teilweise verschwindet. Sehen Sie klar die vollständige Kontur, so drücken Sie den Hebel nach unten Ist sie ganz verschwunden, so drücken Sie den Hebel nach oben. Ist sie teilweise verschwunden, so legen Sie den Hebel in Mittelposition..."
Abb. 32b zeigt das Vorlagenpaar aus Versuch WK-4b. Auf der einen Seite befindet sich das gleiche schwarz-weiß-gehälftete Halbbild wie in a, auf der anderen Seite ein Muster, das unter Anwendung der Unstetigkeitshypothese auf die vollständige Löschung des kontralateralen Halbbildes hin konstruiert ist. Die zahnartig aneinandergereihten Ecken längs des horizontalen Mittelbereichs sol len die Kontur als solche supprimieren. Die vertikalen Streifen sollen die Farbflächen beiderseits der Kontur löschen.
Versuchsanweisung und Durchführung sind die gleichen wie zu Versuch WK-4a.

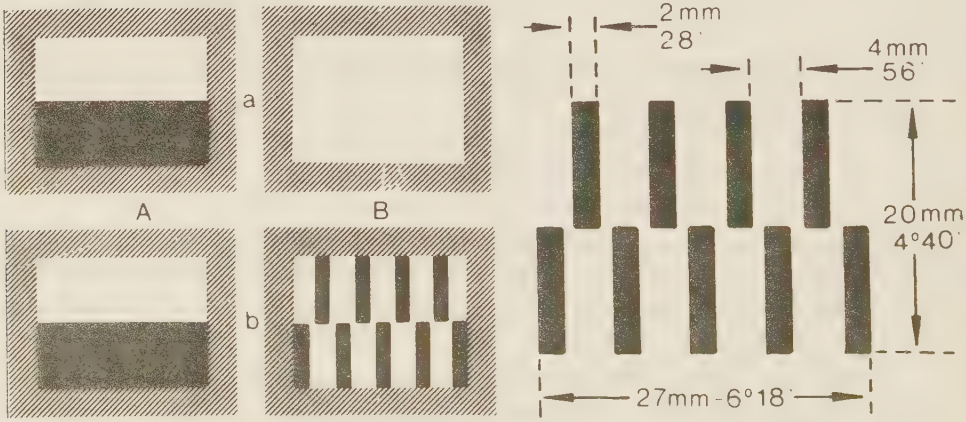


Abb. 32: WK-4, Vorlagen

7.8.2. Ergebnisse

Bei der Berechnung von D verändert sich gegenüber der Formel in 7.4. jeweils nur der Minuend:

$$D_a = \frac{P_F - P_K}{T} \times 100 \qquad D_b = \frac{P_E - P_K}{T} \times 100$$

P_F = Prävalenzzeiten der Fläche
P_E = Prävalenzzeiten des Eckenmusters
P_K = Prävalenzzeiten der Kontur
T = Beobachtungszeit

Die Einzelbefunde enthält Tab. 36. Tab. 40 enthält die wichtigsten Kennwerte.

Tab. 40: WK-4, Quartile der Gesamtwerte

	WK-4a		WK-4b	
	D_a	F_a	D_b	F_b
ob. Qu.	-70,8	63	82,7	99
Median	-84,8	22	50,1	69
unt. Qu.	-95,8	7	34,8	30

Abkürzungen D und F gemäß 7.4.

In a zeigt sich in allen Fällen erwartungsgemäß überlegene Prävalenz der Kontur gegenüber der Fläche (hochsignifikant nach dem Vorzeichentest). Allerdings ist festzustellen, daß eine vollständige Dominanz der Kontur nur in einem Falle während der gesamten Beobachtungszeit von acht Minuten besteht.
In Versuch b zeigen sich die Vpn häufig spontan verwundert darüber, daß die Kontur, die im einzeln betrachteten Halbbild so scharf hervortritt, nunmehr über längere Zeiten hinweg vollständig verschwunden ist. Tatsächlich zeigt sich eine hochsignifikante Prävalenz des Eckenmusters (D ist in allen elf Fällen positiv). Im Mittel tritt das Eckenmuster um die Hälfte der Gesamtzeit stärker hervor als die Kontur.
Interessant ist die Frage, ob die Prävalenz des Eckenmusters gegenüber der Kontur von vergleichbarer Stärke ist wie die Prävalenz der Kontur gegenüber der Fläche. Die Tabellen lassen den

Eindruck aufkommen, daß der Unterschied im zweiten Falle stärker ist. Beim t-Test über die Paardifferenzen $-D_b - D_a$ ergibt sich:

$t = 2{,}92 \qquad FG = 10$

Der Unterschied läßt sich nicht mit der vereinbarten statistischen Sicherheit von $\alpha = 1\%$ bestätigen. Es bleibt jedoch zu beachten, daß der Unterschied für $\alpha = 5\%$ signifikant ist. Mit dieser gleichen statistischen Sicherheit ist ein Unterschied zwischen den mittleren Wettstreitfrequenzen $F_b - F_a$ anzunehmen:

$t = 3{,}03 \qquad FG = 10.$

7.8.3. Interpretation

Die Befunde gestatten im Wesentlichen drei Aussagen:
1. Die Prävalenz einer Kontur gegenüber einer Fläche ist zwar überlegen, besteht aber nicht in einer absoluten Dominanz. Innerhalb längerer Beobachtungszeiten wechselt die Erscheinung gemäß binokularem Wettstreit, und gelegentlich kann die Kontur sogar ganz verschwinden.
2. Eine Serie von Konturecken kann gegenüber einer durchgehenden Kontur derart stark prävalieren, daß diese auch noch bei einer Ausdehnung von 6° über den größten Teil der Beobachtungszeit hinweg vollständig verschwindet.
3. Die Ecken prävalieren gegenüber der Kontur in einer Weise, die der Prävalenz der Kontur gegenüber der Fläche vergleichbar ist. Ein Unterschied besteht im Ausprägungsgrad und in der Stabilität der Effekte. Beide sind im zweiten Fall etwas geringer.

7.9. Allgemeine Diskussion des WITTE-KÖNIG-Effekts

Um die besondere Rolle des WITTE-KÖNIG-Effekts für die Wahrnehmungstheorie hervorzuheben, sei er zwei Erscheinungen gegenübergestellt, in denen wie bei vielen anderen Phänomenen das Resultat einer lückenhaften Reizsituation nicht eine Lücke, sondern die Wahrnehmung vollständiger Figuren ist. Zwei kleine Veranschaulichungsexperimente sollen dabei nicht unerwähnt bleiben, wenn auch ihre Augenfälligkeit vorläufig die systematische Verifikation ersetzen muß.

7.9.1. Zur Beziehung des WITTE-KÖNIG-Phänomens zu den Erscheinungen am Blinden Fleck

An der Durchtrittsstelle der Sehnerven durch die retinale Rezeptorschicht nimmt das Auge keine Reize auf. Dieser MARIOTTEsche Fleck erzeugt bekanntlich aber keine als Lücke erlebte Stelle im Gesichtsfeld. Es gibt Lehrbücher, die diesen Effekt auf eine Vervollständigung durch den korrespondierenden Gesichtsfeldausschnit des anderen Auges zurückführen. Daß diese Erklärung an den Tatsachen vorbeigeht, ist bereits daran zu erkennen, daß auch bei monokularer Betrachtung das Gesichtsfeld keine Lücke enthält. Die entsprechende Stelle nimmt die Färbung der Umgebung an, durchlaufende Konturen erfahren eine gestaltliche Ergänzung unabhängig davon, ob an dieser Stelle vom Reizmaterial her eine tatsächliche Lücke besteht oder nicht,(s. 54).
Wie demgegenüber der WK-Effekt zu verstehen ist, der sich genau entgegengesetzt verhält, läßt sich anhand von Abb. 33 erläutern. Dem geübten Beobachter wird es nicht schwerfallen, die Vorlage so zu betrachten, daß das linke Auge den Punkt L fixiert, das rechte den Punkt R. In diesem Falle erscheinen links nebeneinander drei senkrechte Streifen. Der mittlere von ihnen kommt durch binokulare Überdeckung zustande, ihm gilt die Aufmerksamkeit. Hält man die Vorlage in Armeslänge Abstand, so enthält dieser Streifen gleich wie der links neben ihm liegende eine Lücke - die Erscheinung des WK-Effekts. Nähert man nun die Vorlage den Augen bis au ca. 30 cm (die Lücke fällt dann auf den blinden Fleck), so sieht man den Streifen plötzlich vollständig wie den rechts neben ihm liegenden. Bei weiterer Annäherung öffnet sich die Lücke wieder. Bedingung für das Zustandekommen des WK-Effekts ist hiernach also daß die Schnittenden des durchtrennten Streifens reizmäßig erfaßt sein müssen. Bei Unsichtbarkeit der Schnittenden ist dagegen offenbar die Bedingung für Vervollständigung gegeben. Im Weiteren wird verfolgt, wie die Art der Sichtbarkeit zu verstehen ist.

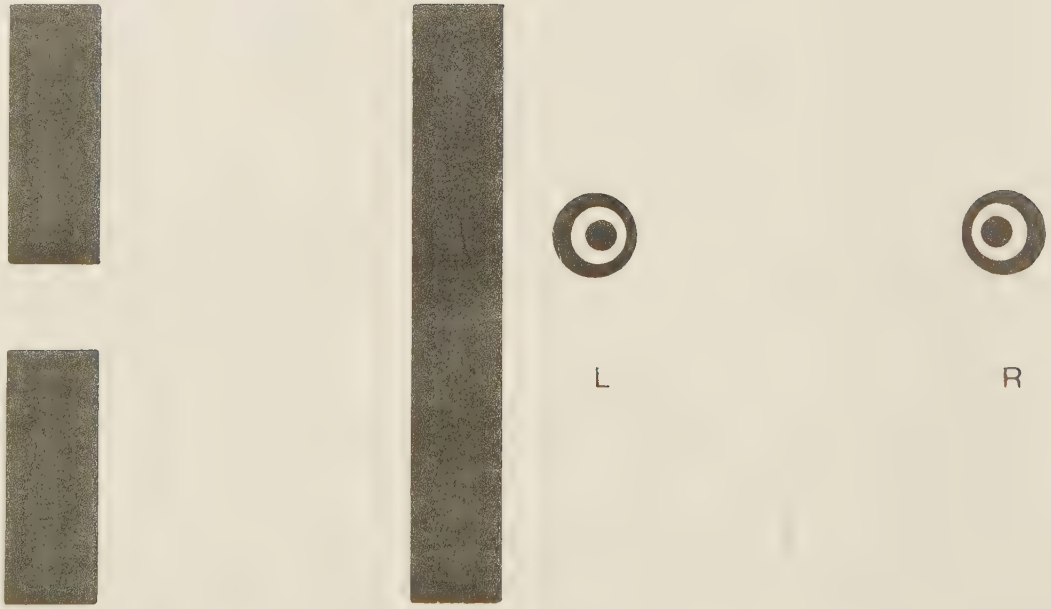


Abb. 33: Zur Überlagerung von Lückenfigur und Blindem Fleck

7.9.2. Zur Beziehung des WITTE-KÖNIG-Phänomens zu Verdeckungsphänomenen

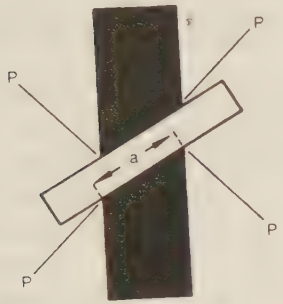


Abb. 34: Beispiel zum Verdeckungsphänomen

Bei der Figur in Abb. 34 sieht man einen schwarzen Streifen, den ein weißer Streifen überdeckt. Er wird als ganzer gesehen, obwohl er reizmäßig in einem bestimmten Abschnitt unterbrochen ist. Auf Ergänzungen dieser Art ist von gestaltpsychologischer Seite her oft hingewiesen worden. Sie hängen damit zusammen, daß Grenzen anschaulich nur eine einseitig ausgerichtete Funktion haben (s. z.B.54). In diesem Falle heißt das, daß der Konturabschnitt a nur als Teil des weißen Streifens fungiert, nicht aber als Grenze im schwarzen Streifen. Ecken wie die bei P werden bei unvoreingenommener Betrachtung gar nicht wahrgenommen, erlebnismäßig liegt eine wirkliche Über-Kreuzung von zwei durchgehenden Streifen vor.

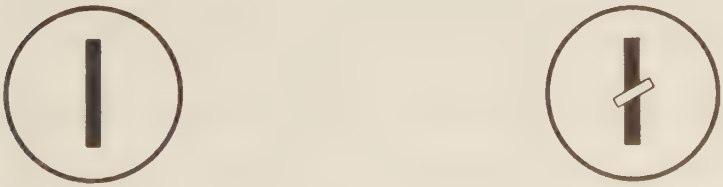


Abb. 35: Zur Überlagerung von WITTE-KÖNIG- und Verdeckungseffekt

Vereinigt man binokular eine solche Figur mit einem reizmäßig durchgehenden Streifen (Abb. 35), so sieht man wiederum eine Figu gleich der in Abb. 34. In einem Sinne bleibt der WK-Effekt erhalten: das Mittelstück ist auch hier weiß, nunmehr gestaltet als vor dem schwarzen Streifen abgehobene Figur. Die anschauliche Durchgängigkeit des schwarzen Streifens in Halbbild A verhindert nicht den WK-Effekt, sondern modifiziert ihn, nämlich zur Figuration der Lücke als einem eigenständigen Gebilde. Nur bei analytischer Auffassung kann der weiße Teil Lückencharakter erhalten und

sind die schwarzen Flächen getrennte Figuren; denn in einem anderen Sinne vervollständigt sich der schwarze Streifen, im gleichen Sinne nämlich wie bei Abb. 34.
Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der WK-Experimente läßt sich der Gesamtvorgang folgendermaßen denken:
Wenn die funktionellen Korrelate der Halbbilder A und B in Interaktion treten, so erzeugen die Unstetigkeitsstellen in B eine auf den korrespondierenden Abschnitt in A gerichtete Suppression. An dem so entstandenen Material setzen Gestaltprozesse an und strukturieren es vollständig um. Sie trennen figural einen weißen von einem schwarzen Streifen und organisieren den einen, der reizmäßig nur im Umriß gegeben ist, wie auch den anderen, dem reizmäßig das Mittelstück fehlt, jeweils zu einem ganzen und flächenhaften Gebilde. Bezeichnend ist dabei die Gegensätzlichkeit der herrschenden Prinzipien: in der Suppression des kontralateral durchgehenden Streifenabschnitts erweisen sich die punktuellen und linearen Unstetigkeitsstellen im Mittelbereich als hochwirksam.
Auf dem Gestaltniveau kehren sich die Funktionswerte des optischen Materials um: gemäß dem Faktor des durchgehenden Verlaufs setzen sich die Konturen gegenüber den auf ihnen liegenden Unstetigkeitsstellen durch, die vormaligen Ecken P werden zu funktionslosen Stellen im Gesichtsfeld, sie sind "anschaulich nicht vorhanden", während neue Figurteile als Verdecktes "vorhanden" sind.

7.9.3. Rückführung des Effekts auf einen vorgestaltlichen Prozeß

Das Verschwinden der Lückenbegrenzungen im Verdeckungsfalle gemäß Abb. 35 ist von anderer Art als ihr Verschwinden gemäß Abb. 33 durch Projektion auf den Blinden Fleck. Im ersten Falle fehlen bestimmte Grenzen in gestaltlicher Hinsicht und der WK-Effekt bleibt im Wesentlichen erhalten. Im zweiten Falle fehlen Grenzen bereits auf Rezeptorebene, und das Lückenphänomen bleibt aus. Nicht die figurhafte Lücke ist notwendige Bedingung für das Zustandekommen, sondern die Erfassung bestimmter Unstetigkeitsverteilungen auf retinalem Niveau.
Diese Interpretation des Phänomens steht im Gegensatz zu den Annahmen E. KÖNIGs. Er versucht, den Effekt als Figuraleffekt zu deuten und stellt dementsprechend ein dynamisches Feldmodell in

Anwendung der Feldtheorie W. KÖHLERs auf das binokulare Geschehe
auf. KÖHLER selbst hat sich hierzu sehr zurückhaltend geäußert (s. mündliche Mitteilungen, zit. bei KÖNIG, 44), seine Theorie bezieht sich auf Vorgänge im bereits bestehenden zyklopischen Feld, nicht aber auf die Art, wie die beidäugigen Inhalte zusammentreten. Diesen Aspekt betrachtet er als noch dunklen Bereich der Wahrnehmungsforschung. KÖNIGs Versuch ist als die konsequente Fortsetzung des Ansatzes von WILDE zu betrachten, der 1949/51 die Auffassung nahelegt, daß für den binokularen Prozeß figurale Gestalten und gestalthafte Gruppierungen konstitutiv seien. Diese Auffassung hat LINSCHOTEN aber zur gleichen Zeit, zu der KÖNIGs Arbeit entsteht, zugunsten einer Funktion der Konturen korrigiert.

Die vorliegenden Versuche bestätigen die Betonung der Konturfunktion. Darüber hinaus lassen sich im wesentlichen folgende Aussagen und weiterführenden Annahmen machen:

Bei sämtlichen Vorlagen zum Lückenphänomen besteht zwischen beiden Halbbildern eine bestimmte Relation von Unstetigkeiten. Die in der Einzelbildbetrachtung gefundene Relation wird aber nicht im Sammelbild phänomenal hergestellt. Dort tritt vielmehr das Lückenphänomen als bereits vorhanden auf, erfährt eventuell gestaltliche Umstrukturierungen, die den Löschungseffekt als solchen aber nicht berühren. Der Eindruck des Unterbrochenseins ist nicht Ausdruck eines erlebnismäßig verfolgten Verschwindens oder Verdrängens des Mittelstücks, der Effekt stellt sich vielmehr sofort als vollständig ein. Besonders diese Tatsache spricht dagegen, daß die Interaktion der Halbbilder erst auf dem Psychophysischen Niveau erfolgt.

Die Tatsache, daß der Löschungseffekt umso intensiver und stabiler ist, je kleiner die Lücke ist, muß unter gestaltlichem Aspekt als Paradox gewertet werden. Wie sich gezeigt hat, ist für die funktionale Betrachtung nicht die Kleinheit der Lücke eine zutreffende Umschreibung des entscheidenden Kriteriums, sondern die Dichte der Unstetigkeitsstellen. Mit ihrer Dichte nimmt die Suppressionswirkung im Sinne einer Superposition zu.

Die Unstetigkeiten verlangen in diesem Zusammenhang eine Differenzierung. Punktuelle Unstetigkeiten, wie sie sich aus dem Zusammentreffen zweier Konturen oder als Endpunkt einer Doppelkontur ergeben, prävalieren gegenüber eindimensional erstreckten Konturen in ähnlicher Weise wie solche Konturen gegenüber einer

Fläche als zweidimensionalem Gebilde. In dieser Dimensionshierarchie geschehen Suppressionsprozesse auf einer Ebene des visuellen Systems, die aller Wahrscheinlichkeit nach unterhalb des Psychophysischen Niveaus anzusiedeln ist. Die Produkte dieser Vorgänge werden auf dem gestaltbildenden Niveau überformt, und erst die Korrelate dieser Überformungen sind demnach Bestandteile des anschaulich Angetroffenen im Erlebnisbereich.

Im folgenden Teil wird versucht, ein theoretisches Gesamtkonzept zu erarbeiten, das die bisherigen Befunde und vorläufigen Annahmen widerspruchslos in sich aufnehmen kann.

III Theoretischer Teil

8. Zur Theorie des binokularen Sehens

8.1. Wissenschaftstheoretische Vorüberlegungen unter besonderer Berücksichtigung der Theorien von METZGER und LINSCHOTEN

Unter den neueren psychologischen Theorien des binokularen Sehens stehen sich vor allem die von W. METZGER, die er erstmals in der zweiten Auflage der "Gesetze des Sehens" 1953 vorstellt und die von J. LINSCHOTEN in dessen "Strukturanalyse der binokularen Tiefenwahrnehmung" 1956 gegenüber. Beide Theorien wurzeln in der Gestaltpsychologie, sind aber dennoch von grundsätzlich verschiedener Art. Diese Verschiedenheit ist vor allem in der Divergenz der wissenschaftstheoretischen Standpunkte begründet, die in beiden Theorien vertreten werden.
Beide Standpunkte entsprechen in wesentlichen Merkmalen zwei wahrnehmungspsychologischen Grundrichtungen, wie sie 1962 in der "Wissenschaftsstruktur der psychologischen Optik" von W. WITTE analysiert werden. Der Begriffsrahmen dieser Analyse gestattet die im Folgenden versuchte Ortsbestimmung der obigen Theorien, die die Voraussetzung für den Aufbau eines weiterführenden Entwurfs liefern soll.

METZGER setzt in seiner Theorie ein Neuronengeflecht mit einer bestimmten räumlichen Struktur voraus, das als Träger der physiologischen Prozesse beim Binokularsehen fungiert. Hierbei überkreuzen sich in der Großhirnrinde die Leitungsbündel der Sehnerven beider Augen. METZGER denkt die Fasern im Endbereich nicht mehr gegeneinander isoliert. Vielmehr - so sein Modell - wirken bei Querdisparation zwischen den Doppelbildern Anziehungskräfte, die zu einer Erregungsverlagerung entlang der Nervenstränge führen. Bei ungekreuzten Doppelbildern geschieht diese Verlagerung in die der bei gekreuzten Doppelbildern entgegengesetzten Richtung. Hieraus ergibt sich eine eindeutige Vorn-Hinten-Beziehung.
Eine ganz ähnliche neuronale Struktur legen - offenbar unabhängig von METZGER - auch D.C. DODWELL und G.R. ENGEL 1963 ihrer Erklärung der binokularen Fusion zugrunde (10).

> Eine ähnliche Räumlichkeit im angenommenen Äquivalent zum Erlebnisraum postuliert ARNHEIM für das monokulare Tiefensehen (1). Entzerrungen von schiefwinkligen Erregungsverteilungen in einer bestimmten neuronalen Ebene vollziehen sich danach durch Erregungsverlagerung entlang der zu dieser Ebene senkrecht stehenden, zueinander parallelen Fasern. Trotz der vordergründigen Ähnlichkeit dieses Modells gegenüber dem METZGERs sind beide unvereinbar miteinander.

Damit, daß METZGER aus älteren und neueren Untersuchungen über di binokularen Sehleistungen heraus einen psychophysischen Theorieentwurf entwickelt, folgt er dem Auftrag an die Wahrnehmungspsychologie, eine Heuristik für mögliche physiologische Vorgänge zu entwickeln (vgl. 77 , 35).

LINSCHOTEN dagegen entwirft eine Theorie, die ihrem impliziten Anspruch nach in einem System von Aussagen"intraphänomenaler Kovarianzen"(WITTE) besteht. LINSCHOTENs Strukturmodell enthält im Prinzip keine Bezüge zu bestimmten physiologischen Prozessen innerhalb bestimmter anatomischer Strukturen. Zunächst sei hierauf näher eingegangen.

Zentraler Ereignisbereich ist bei LINSCHOTEN das Konstrukt eines "binokularen Feldes", in dem sich die Inhalte beider Halbbilder vorfinden. Innerhalb des binokularen Feldes als Prozeßträger ist zwischen den Konturen von disparaten Bildern eine Attraktion zu postulieren, die als Annäherung der disparaten Konturen sichtbar wird. Bei ungekreuzten Doppelbildern besteht "homonyme", bei gekreuzten Doppelbildern "heteronyme" Attraktion. Mit Art und Ausmaß der Attraktion verändert sich - kovariiert - die Tiefenlokalisation der Konturen nach hinten oder nach vorn.

LINSCHOTEN behauptet, seine Theorie sei die in der Würdigung des Phänomenalen eigentlich psychologische und sei die eigentlich dynamische im gestaltpsychologischen Sinne. Allgemein wendet er sich gegen jeglichen Versuch, Erlebnisinhalte durch physiologische Vorgänge "erklären" zu wollen, ebenso wie gegen alle Versuche, physiologische Modelle aus einer Phänomenanalyse gewinnen zu wollen. Diese Ablehnung gründet sich letztlich auf die ontologische Feststellung, daß es sich bei den Gegenständen der Psychologie, soweit es sich um Erlebnisdaten handelt, und denen der Physiologie um auseinander nicht herleitbare Sachverhalte handelt.

Speziell richtet sich LINSCHOTEN gegen die Theorie METZGERs. Unter anderem wendet er ein, daß sie den gestalttheoretischen Gedanken ubiquitär wirkender Feldkräfte durch Bindung der Prozesse

an eine bestimmte Morphologie des Kortex vernachlässigt. Außerdem spreche kein anatomischer Befund für eine gitterartige Faservernetzung im Endbereich, wie METZGER sie fordert. Eine weitere Schwierigkeit sieht LINSCHOTEN darin, daß im Falle ungekreuzter Doppelbilder über die gleichen Fasern Erregungen ein- und auslaufen müßten.

> DODWELL & ENGEL klammern das hiermit verbundene Problem übrigens völlig aus. Ihr Modell erklärt nur die Tiefenlage von Objekten, die hinter der Kernebene liegen, nicht aber von Objekten, die davor liegen.

Dennoch ist, wie zu zeigen sein wird, das Neuronalmodell METZGERs die ausbaufähigere Grundlage für das Verständnis der binokularen Prozesse.

LINSCHOTENs Versuch, Kovariationen zwischen Abstandsbeziehungen im Binokularfeld einerseits und Tiefenerscheinungen andererseits aufzufinden, kann den Anspruch, eine reine Phänomenanalyse zu erstellen, nicht erfüllen, denn sie fußt auf der unausgesprochenen Annahme der Konstanz physikalischer Gegebenheiten (77 , S. 453). Hinzu kommen weitere grundsätzliche Probleme.

1. LINSCHOTEN löst seine Theorie aus der Bezogenheit auf die Netzhauttopographie, in der sich alle anderen Theorien des Binokularsehens befinden, und wählt das Sehfeld als neues Bezugssystem, wobei zwischen links- und rechtsäugigem Sehfeld einerseits und dem binokularen Feld andererseits unterschieden wird. Die Begriffe Halbbild und Sammelbild bezeichnen dabei die Inhalte der Sehfelder, bezogen auf eine zur Sehrichtung senkrecht stehende virtuelle Ebene. Die metrischen Eigenschaften des Sammelbildes (insbesondere Disparationsverhältnisse) leitet LINSCHOTEN aus den metrischen Eigenschaften beider Halbbilder ab. Hierbei aber setzt er eine Form intraphänomenaler Identität voraus, die nicht erwiesen ist. Phänomenale Gleichheit bzw. Ungleichheit der Abstandsverhältnisse in beiden getrennten Halbbildern muß nicht notwendig mit dem Erhalt ihrer Gleichheit bzw. Unterschiedlichkeit im Sammelbild einhergehen.

2. Es sei vorausgesetzt, daß beide, physikalische Konstanz der Reizquellen und intraphänomenale Identität von Halbbildmetrik und Sammelbildmetrik als gegeben betrachtet werden können. Dann muß als nächstes gefragt werden, inwieweit LINSCHOTENs Theorie tatsächlich intraphänomenale Kovarianzen erfaßt. Diese Frage gilt i

erster Linie dem in der Theorie unterstellten Zusammenhang zwischen homonymer und heteronymer Attraktion einerseits und der Tiefenverlagerung nach hinten und vorn andererseits. Es stellen sich dabei wiederum zwei verschiedene Teilprobleme:

a) Wenn die Attraktion zwischen zwei Konturen im binokularen Feld, sichtbar als ihre Annäherung, entscheidend bei der Entwicklung von Tiefe beteiligt ist, bleibt ungelöst, warum bei anderen Arten der Attraktion im Gesichtsfeld kein Tiefenerlebnis auftritt. Dort zeigen sich ebenfalls Annäherungen, die aber nicht mit einem Tiefeneindruck, sondern mit anderen Formen der Organisation der Sehdinge, z.B. mit Figur- und Gruppenbildungen, kovariieren. Es bliebe zu zeigen, daß es sich dabei um qualitativ verschiedene Arten wahrnehmungsdynamischer Annäherung benachbarter Objekte im Sehfeld handelt. Andernfalls ließe sich eine eindeutige Kovarian nicht beschreiben.

b) Es bleibt ungeklärt, worin der eigentliche Unterschied zwischen homonymer und heteronymer Attraktion bestehen soll. Die Unterscheidung beider Begriffe hat im Sammelbild kein phänomenales Korrelat, es sei denn, die Attraktion würde als gerichtet erlebt, hierfür gibt es aber keinen empirischen Hinweis und keine theoretische Plausibilität. Was für die Attraktion als Prozeß, gilt auch für ihre Objekte: die links- und rechtsäugigen Eindrücke sind unter normalen Umständen im Sammelbild nicht unterscheidbar. Das hierbei entstehende Problem hat LINSCHOTEN selbst gesehen. Er kommt zu dem Schluß:

"Das Einfachsehen ist ein wirkliches Einfachsehen; wohl läßt es sich analytisch als ein Korrelat der Interferenz zweier Halbbilder auffassen, es kann psychologisch nicht als ein "Zusammensetzen" oder ein "in Beziehung setzen" dieser Halbbilder beschrieben werden. Daß hier eine theoretische Schwierigkeit liegt, ist nicht zu leugnen" (51 , S. 496).

Diese Schwierigkeit führt letztlich dahin, daß LINSCHOTENs Theorie kein Covarians für die Unterscheidung des "vorn und hinten" in der Tiefenwahrnehmung anzubieten hat. Damit aber schränkt er den Aussagewert seiner Theorie in seinem Kern ein.

Es erhebt sich die Frage, ob diese Probleme letztlich daher rühren, daß LINSCHOTEN mit seiner Phänomenanalyse an Grenzen gestoßen ist, die ihrer Anwendung auf die Querdisparation prinzipiell gesetzt

sind. Vieles innerhalb des empirischen Teils dieser Arbeit spricht dafür, daß sich bestimmte Gegenstände, die LINSCHOTEN untersuchen will, von einem bestimmten Punkte an dem Zugriff dieser Methode entziehen.

Die vorliegende Arbeit folgt theoretisch einer funktionalen Betrachtungsweise, die Phänomendaten und physiologische Daten aufeinander bezieht. Diese Betrachtungsweise erweist sich als für eine lückenlose Theorie sinnvoll, nachdem in hohem Grade wahrscheinlich geworden ist, daß die für eine widerspruchsfreie Beschreibung zu fordernde Minimalbedingung der Koexistenz von phänomenaler Präsenz entscheidender Halbbildmerkmale im Sammelbild und von phänomenalem Tiefenunterschied nicht generell als gegeben angesehen werden kann.

Eine solche Theorie bedarf eines Rahmenprinzips, das die Gegenstände der Psychologie und der Physiologie gemeinsam zu behandeln erlaubt (77). Ein solches Rahmenprinzip ist in der Isomorphieannahme gegeben. Hierauf sei nachfolgend soweit eingegangen, wie es im vorliegenden Zusammenhang notwendig ist.

8.2. Zur Isomorphieannahme als Rahmenprinzip

LINSCHOTEN ist der Ansicht, "daß die isomorphistische Hypothese keinen konstruktiven Beitrag zum Problem des Tiefensehens leisten kann" (51, S. 474). Die Behauptung, daß sich eine bestimmte phänomenale Konfiguration eindeutig einer bestimmten Konfiguration zentralphysiologischer Prozesse zuordnen läßt, bedeutet nach seiner Auffassung eine für das Verständnis phänomenaler Gegebenheiten und damit für die Wahrnehmungspsychologie sinnlose Wiederholung.

Dieser Standpunkt ist Ausdruck der allgemeinen Fragestellung. LINSCHOTENs Ansicht hat Gültigkeit für eine Wahrnehmungspsychologie, die sich den alleinigen Aufweis von Zusammenhängen innerhalb des Phänomenalen zur Aufgabe gesetzt hat, nicht aber für eine Wahrnehmungsforschung, die programmatisch physikalische und psychologische Aspekte in eine einheitliche Theorie zu integrieren anstrebt, die den Kausalitätsgedanken der Physik mit dem Koexistenzgedanken der Psychologie verbindet.

Zugrundegelegt sei hier jene Fassung des Isomorphieprinzips, die METZGER 1950 in Anlehnung an G. E. MÜLLER formuliert.

> "1. Jedem Zustand des Bewußtseins entspricht ein materieller Vorgang, der sogenannte psychophysische Prozeß, an dessen Stattfinden das Stattfinden des Bewußtseinszustandes geknüpft ist; es kann weder der körperliche Vorgang ohne den psychischen noch der psychische ohne den körperlichen stattfinden.
> 2. Einer Gleichheit, einer größeren oder geringeren Ähnlichkeit, einer Verschiedenheit psychischer Zustände entspricht eine Gleichheit, eine größere oder geringere Ähnlichkeit, eine Verschiedenheit der psychophysischen Prozesse und umgekehrt.
> 3. Ist ein psychischer Zustand in n-facher Richtung variabel so muß auch der zugehörige psychophysische Prozeß in n-facher Richtung variabel sein, und es gilt für den Zusammenhang der verschiedenen Richtungen möglicher Veränderung auf der psychischen und der physischen Seite sinngemäß das in Axiom 2 Gesagte." (53, S. 262)

Implizit enthält diese Fassung des Isomorphieprinzips den einseitig vollständigen Bezug auf die Bewußtseinsinhalte und andererseits den Bezug auf einen Teilbereich der körperlichen Vorgänge.

> Diese einseitige Ausschnitthaftigkeit ist nicht notwendiges Merkmal einer isomorphen Beziehung. Sie läßt sich auch denken als eineindeutige Beziehung zwischen beiderseitigen Teilbereichen.

Isomorphie in einer prinzipiell prüfbaren Form beinhaltet lediglich die Entsprechung von Relationen. Sie sagt nichts aus über die in Relation stehenden Gegenstände selbst, sofern diese nicht wieder in Relationen bestehen. Solche Singularitäten werden von der Isomorphie so wenig erfaßt, wie Singularitäten von den empirischen Einzelwissenschaften erfaßt werden (s. z.B. für die Psychologie W. WITTE, 77, für die Physik M. BORN, 8). Farben beispielsweise sind in ihren Beziehungen zueinander oder zu anderen Phänomenen empirisch faßbar, nicht aber ein bestimmtes Blau oder Rot als einzelne Erlebnisqualitäten. Entsprechend sollten aus der vollständigen Kenntnis der physiologischen Vorgänge wohl prinzipiell die Farbenordnung oder die Synästhesien ableitbar sein, nicht aber "das Blau" oder "das Rot".

Die Beschränkung der Isomorphie auf die Äquivalenz von Beziehungen zeigt sich in zwei Richtungen. Auf der einen Seite sind es die Objekte der Beziehungen, die als Singularitäten anzusehen sind. Auf der anderen Seite sind es aber auch die Charakteristika der solche Beziehungen jeweils übergreifenden Gesamtsysteme. Dieser Gesichtspunkt ist wichtig für den Raum als Bezugssystem. Die Lokalisation der Dinge im Anschauungsraum besteht in einem Gefüge von Beziehungen, die meßbar, übersetzbar und vergleichbar sind. Nicht aber übersetzbar ist die "Raumhaftigkeit", ebensowenig sind es "Tiefe" oder "Weite".

Die Eingrenzung geht noch weiter. Gemäß dem obigen Isomorphieprinzip ist bei der Frage nach den psychophysischen Korrelaten zur räumlichen Lokalisation letztlich nicht nach irgendwelchen "Abständen", sondern nur nach Unterschieden zu suchen. Die Dimensionen des Anschauungsraumes müssen nicht notwendig den Dimensionen des physikalischen Raumes äquivalent sein. Es ist nicht zwingend, das Korrelat zum Anschauungsraum in der dreidimensionalen körperlichen Ausdehnung des Kortex zu suchen, auch nicht in einem durch die Hirnwindungen bedingt "gekrümmten" Raum mit transponierter Metrik.

Das Isomorphieprinzip fordert notwendig nur, daß die drei in Höhe, Breite und Tiefe unterschiedenen Erstreckungsrichtungen des Anschauungsraumes auf drei physikalische Dimensionen abgebildet sind. Diese sind beliebig insofern, als sie nicht räumlich sein müssen, sind aber gebunden insofern, als sie gemeinsam ein Ge-

samtsystem bilden müssen, in dem jeder Punkt eindeutig bestimmt ist.

LINSCHOTEN prüft, obwohl dem Grundgedanken seines Werkes nach ursprünglich nicht vorgesehen, sein eigenes Modell zur binokularen Tiefenwahrnehmung im Vergleich mit anderen auf Vereinbarkeit mit anatomisch-physiologischen Befunden und kommt zu dem Schluß: "Wir stellen nun fest: Entweder den Lokalisationserscheinungen korrespondiert eine dynamische Selbstregulierung der Prozeßkonfiguration, oder ihm korrespondiert primär die anatomisch vorgegebene Ordnung des Substrats" (51, S. 478).

Keine der beiden Annahmen, in denen er in erster Linie seine eigene Theorie und die von METZGER gegenüberstellt, muß zwangsläufig richtig sein. Unter Voraussetzung einer Isomorphie der genannten Art ist vielmehr nur zu fordern, daß den Lokalisationserscheinungen eindeutig bestimmte Parameter auf dem PPN zugeordnet sind, mögen sie sich in morphologischen Variablen ausdrücken oder in Prozeßvariablen wie etwa in Frequenz, Amplitude und Phase elektrischer Wellen.

Durch diese prinzipielle Beliebigkeit ist auch der "Ort" des PPN nicht anatomisch festgelegt zu denken, sondern eventuell als funktionelle Ebene. Um ein Bild für diesen Unterschied zu gebrauchen: Die Wellen des Meeres können gesehen werden als die wechselnden Unebenheiten der Oberfläche eines homogenen Wasserraumes (räumliche Lokalisation). Sie können aber auch als die übergreifende Bewegungsform der Wassermoleküle gesehen werden, die sich räumlich bis weit in die Tiefe hinein erstreckt und sich in Art und Größenordnung von der Bewegung der Wasserteilchen unterscheidet (funktionelle Lokalisation).

Daß ein solches Bild keine reine Metapher sein muß, geht aus neuesten Erkenntnissen der Neurophysiologie hervor, wie sie z.B. Y. REENPÄÄ entwickelt (62).

REENPÄÄ führt die Lehre FEIGLs fort, nach der das Leib-Seele-Problem, der "Weltknoten" SCHOPENHAUERs, durch die Annahme gelöst werden soll, daß es sich bei beiden um ein und denselben Gegenstand handelt. Er gibt Beispiele für die Möglichkeit der empirischen Verifikation der Identitätstheorie. Dabei zieht er insbesondere die Beobachtung mehrerer Physiologen hinzu, die eine hohe Korrelation zwischen bestimmten psychischen Ereignissen und einer

bestimmten Komponente der abgeleiteten Hirnpotentiale feststellen. Es handelt sich dabei um eine biphasische große Welle, die sich auf der gesamten Kopfoberfläche registrieren läßt. Die Amplitude dieser Welle ist eine Potentialfunktion der Reizstärke, und zwar genau die gleiche Potentialfunktion, die sich bei Messung der Empfindungsstärke nach STEVENS ergibt. Diese Äquivalenz zeigt sich für verschiedene Sinnesgebiete in gleicher Weise REENPÄÄ deutet diese Äquivalenz im Sinne einer Identität von Erlebnis und psychophysischer Reaktion. Man muß jedoch nicht unbedingt der Identitätslehre folgen, wenn man die Bedeutung dieses Befundes richtig würdigen will. Er bestätigt voll die Isomorphie als Beziehungsgleichheit, enthält aber keine Aussage über die qualitative Identität. Dieser Anteil der Identitätstheorie bleibt metaphysisch, metaphysisch in einem Sinne, den FEIGL selb bejaht (11).

8.3. Ein Modell des binokularen Interaktionsprozesses

8.3.1. Zur Beziehung zwischen Grundvorgang und Gestaltprozeß

Von der Frage nach der Natur der erlebniskorrelierten Variablen prinzipiell zu trennen ist die Frage, durch welche Prozesse und an welcher Stelle im Zentralnervensystem diese Größen bestimmt werden. Die vorliegende Arbeit führt zu der Annahme, daß diese Prozesse auf einem dem PPN vorgelagerten Niveau ablaufen, also von der Isomorphie nicht mehr erfaßt werden.

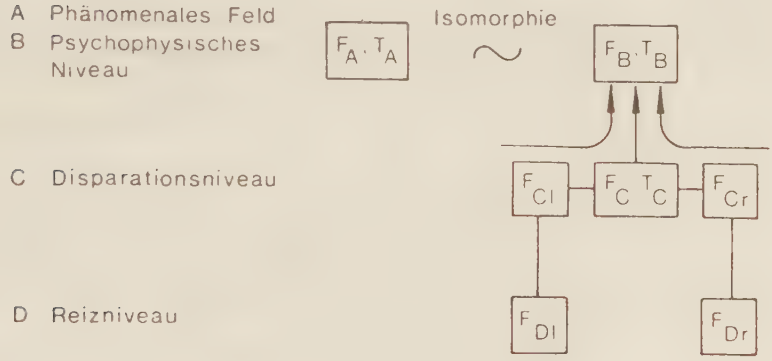


Abb. 36: Zur Grundstruktur des binokularen Interaktionsprozesses (F = Formkorrelate, T = Tiefenkorrelate, A = Phänomenale Ebene, B, C, D = Physiologische Ebenen im visuellen System, l = links, r = rechts)

Den Bezeichnungen zu Abb. 36 folgend kann der bereits mehrfach angesprochene Vorgang so vorgestellt werden:
Die Unstetigkeitsmuster F_{Dl} und F_{Dr} auf dem Reizniveau beider Retinae gehen als Erregungsmuster F_{Cl} und F_{Cr} auf dem Zwischenniveau C eine Beziehung ein, bei der sich F_C und T_C als neue Codes bilden.

Der erste Code enthält die ursprünglichen Halbbildmerkmale in einer eher summativen Form, der zweite Code enthält sie in einer eher subtraktiven Form: F_C repräsentiert ihre gemeinsamen Farb- und Strukturmerkmale sowie ihren Ort, T_C repräsentiert ihren horizontal-räumlichen Unterschied. F_C und T_C werden im Psychophysischen Niveau B eingespeist, um sich im Rahmen aller dort zusammentreffenden, wechselseitigen und ubiquitären Einflüsse in den Größen T_B und F_B zu manifestieren.
Zu diesen Einflüssen zählen simultane, aktual- wie ontogenetisch erworbene Einflüsse des Visus und anderer Sinnesgebiete, autochthone und gesteuerte Umorganisationen. Modifizierend greifen ferner motorische Komponenten ein (etwa im Sinne der Theorie v. HOLSTs), so die Eigenbewegung des Körpers, Akkomodation und Konvergenz. Entsprechend dem obigen Isomorphieprinzip findet sich als Erlebniskorrelat für F_B die form- und farbtragende Figur F_A, als Erlebniskorrelat für T_B die Tiefenlage T_A.
LINSCHOTEN bemerkt hierzu, wenn auch unter einem anderen Begriff des "Niveaus":
"Die sekundären Faktoren, die bei der Strukturierung der Räumlichkeit eine Rolle erfüllen, sind gegenüber der Querdisparation als Faktoren von höherem Niveau aufzufassen. Sie sind m. a. W. nicht für den Grundvorgang, wohl aber für den Verwertungsvorgang konstitutiv." (51 , S. 524).
Dieser Grundvorgang auf dem unterstellten Zwischenniveau C sei im Folgenden gesondert thematisiert.

8.3.2. Ausbau des Neuronalmodells METZGERs innerhalb einer nicht bewußtseinskorrelierten Ebene des visuellen Systems

Im Folgenden wird eine Fortentwicklung des oben diskutierten Entwurfs METZGERs versucht.
Das Grundschema für die neuronale Verschaltung ist das Bild eines Netzes aus gekreuzten Sehnervenfasern. Abb. 37 entspricht einem Querschnitt durch das Substrat von Niveau C, dem Ort des binokularen Interaktionsprozesses im obigen Gesamtmodell.
Wesentliche Voraussetzung für diesen Prozeß ist die retinale Reizverarbeitung. Die retinalen Afferenzen werden nicht als punktuelle Informationen über den Zustand einzelner Rezeptoren gesehen, sondern als Codes, die die Identifizierung bestimmter Struktur-

merkmale in der Reizverteilung, z.B. Leuchtdichtesprünge, beinhalten. Die Ordnung der Erregungsleitungen bildet hiernach nicht die Ordnung der Rezeptoren ab, sondern die Ordnung der sich stark überlappenden "rezeptiven Felder" der Retina (K.H. HARTLINE 1938, 1940, HUBEL & WIESEL 1959). Die L- und R-Linien in Abb. 37 stellen nicht einzelne Sehnerven dar, sondern jeweils eine Gruppe afferenter Fasern. Jede dieser Gruppen entspringt retinalen Feldern unterschiedlicher Spezifität im gleichen retinalen Areal.

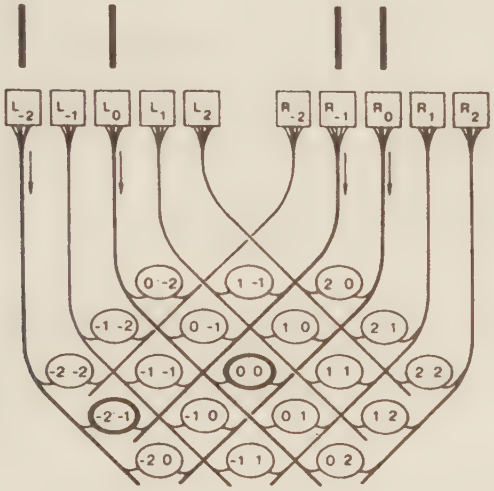


Abb. 37: Schema zu den Basisvorgängen bei normaler Querdisparation (Legende s. unter 8.3.2.)

Mit L_{-2}, L_{-1}, L_0, L_1, L_2 seien Fasergruppen des linken Auges bezeichnet, mit R_{-2}, R_{-1}, R_0, R_1, R_2 solche des rechten Auges. Ist bei L_i der Index i negativ oder bei R_j der Index j positiv, so handelt es sich jeweils um Fasergruppen, die bei Reizen im nasalen Gesichtsfeld Impulse erhalten; ist i positiv oder j negativ, so handelt es sich um Gruppen, die bei Reizen im temporalen Gesichtsfeld erregt werden. Konturen in der linken Gesichtsfeldhälfte bedeuten also Erregung positiv indizierter Gruppen, Konturen in der rechten Gesichtsfeldhälfte bedeuten Erregung negativ indizierter Gruppen (die Figurpaare links und rechts im oberen Teil der Abbildung stellen die beidäugige Reizverteilung dar).

Im Bereich der Kreuzungsstellen haben die Leitungsgruppen keinen unmittelbaren Kontakt. Vielmehr zweigen dort jeweils die Erregungen zu den Zellen des C-Niveaus ab. In diesen C-Zellen (in Abb. 37 elliptisch dargestellt) vollzieht sich die eigentliche Interaktion der Signale. Eine bestimmte C-Zelle wird dann aktiv wenn in ihr zwei gleichartige Erregungen aus L und R zusammenlaufen. Anders gesagt: die Afferenzen der C-Zellen führen immer dann zu ihrer Aktivierung, wenn die zuführende Gruppe L und die zuführende Gruppe R Signale aus rezeptiven Feldern gleicher Spezifität enthalten. Die Wahrscheinlichkeit der Aktivierung wächst mit zunehmender Konkordanz der beiderseitigen Signale und nimmt im Gegenfalle ab.
Im Gegensatz zur Auffassung LINSCHOTENs ist im vorliegenden Modell der Grundvorgang nicht phänomenal repräsentiert. Im eigentlichen Sinne kann hier nicht von "Tiefe" oder "Form" gesprochen werden, da es sich dabei um Erlebniskategorien handelt. Wenn Bezeichnungen wie "Tiefengrundwert" oder "Formsignal" gewählt werden, dann aus Gründen terminologischer Vereinfachung, die sich aus der funktionalen Perspektive heraus rechtfertigt.

Konvergieren die Blickachsen auf eine Objektstelle P mit steilem Leuchtdichtegefälle, so laufen Kontursignale entlang der Fasergruppen L_0 und R_0. Über L_0 zweigen sie an die angeschlossenen C-Zellen (0;-2), (0;-1), (0;0), (0;1), (0;2) ab, über R_0 an die Zellen (-2;0), (-1;0), (0;0), (1;0) und (2;0).

> Die C-Zellen sind durch die Indizes der zuleitenden Fasergruppen gekennzeichnet. Die erste Zahl in den Klammern steht für i, den Index der linksäugigen Gruppen, die zweite Zahl für j, den Index der rechtsäugigen Gruppen.

In (i;j) = (0;0) laufen beide Eingangssignale zusammen und führen da sie gleichartigen Konturen entstammen, zur Aktivierung dieser C-Zelle. Ihr Ausgangssignal kann einer Mischung der Signale aus L_0 und R_0 entsprechen, einem Wettstreit beider oder der Dominanz eines der beiden. Dieser Konturcode K_C ist Bestandteil des Signals F_C. Weitere Bestandteile von F_C sind B_C, ein Breitengrundwert, der sich als Ergebnis eines Mittelungsprozesses von i und j verstehen läßt, und H_C, ein Höhengrundwert, der bei der vorliegenden Querschnittbetrachtung zunächst außer Betracht bleibt. Das in diesem Zusammenhang entscheidende vierte Signal besteht

in dem Tiefengrundwert T_C. Er kommt durch den Ort der Entstehung von F_C zustande und ist daher von dessen Art unabhängig. T_C bildet sich also auch im Falle kontralateraler Suppression der Signale F_D in F_C.

Ohne Anspruch auf die Triftigkeit der mathematischen Funktion läßt sich T_C vorläufig einfach in der Differenz von i und j ausdrücken, B_C demgegenüber in ihrer halbierten Summe:

Tiefengrundwert $T_C = i - j$
"hinten" bei $T_C > 0$
"vorn" bei $T_C < 0$

Breitengrundwert $B_C = \frac{i + j}{2}$
"links" bei $B_C > 0$
"rechts" bei $B_C < 0$

"Vorn" und "hinten" sind hiernach also eindeutig bestimmbar, ebenso die Richtungen "rechts" und "links".

Im Beispielfalle korrelieren Tiefengrundwert und Breitengrundwert durch $0-0 = \frac{0+0}{2} = 0$ mit der Merkstelle, dem Zentrum der Kernebene.

Die gesamte Kernebene läßt sich durch die Menge aller C-Zellen mit gleichwertigen Indizes abbilden, in Abb. 37 repräsentiert durch (-2;-2), (-1;-1), (0;0), (1;1) und (2;2):

Korrelat der Kernebene $KE_C = \{ C_{i=j} \}$

Entsprechend läßt sich das Korrelat zur Meridianebene durch die Menge aller C-Zellen mit Indizes entgegengesetzten Vorzeichens bei gleichem absoluten Wert beschreiben, in Abb. 37 repräsentiert durch (1;-1), (0;0) und (-1;1):

Korrelat der Meridianebene $ME_C = \{ C_{i=-j} \}$

Diese Querschnittbetrachtung bedarf einer Ergänzung durch die Annahme, daß die C-Zellen auch aus den gleichindizierten L- und R-Gruppen der vertikal benachbarten Schichten Afferenzen erhalten. Hierdurch bleibt Querdisparation auch bei schräger Versetzung innerhalb gewisser Grenzen wirksam.

Wie der Theorieentwurf METZGERs bildet auch das bisher dargestellte Modell die räumliche Ordnung der Außenwelt in einer ähn-

lichen räumlichen Ordnung der Neurone ab. Das Modell ist an diese Ordnung jedoch nicht gebunden, weil die L- und R-Gruppen nicht unmittelbar kreuzen, sondern über die C-Zellen miteinander verknüpft sind. In Abb. 38 und 39 sind zwei Abwandlungen des Modells dargestellt. Während in Version1die Vernetzung der L- und R-Gruppen angenommen wird, laufen in Version 2 einander entsprechende Gruppen benachbart parallel, und in Version 3 verlaufen die Fasern des linken und des rechten Auges völlig getrennt, zudem ist die Anordnung der C-Zellen geändert. Für die Funktionsweise des Modells sind diese Unterschiede von sekundärer Bedeutung, da die Topologie der Schaltung erhalten bleibt. Sie wirken sich nur auf die Länge der Leitungswege aus. Diese ist in der Gitterversion nach METZGER die kürzeste.

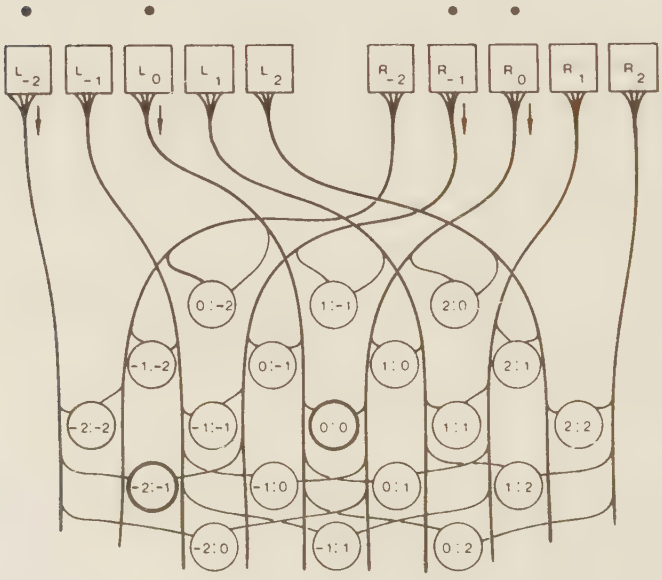


Abb. 38: Version 2 des Basisschemas
(Legende s. unter 8.3.2.)

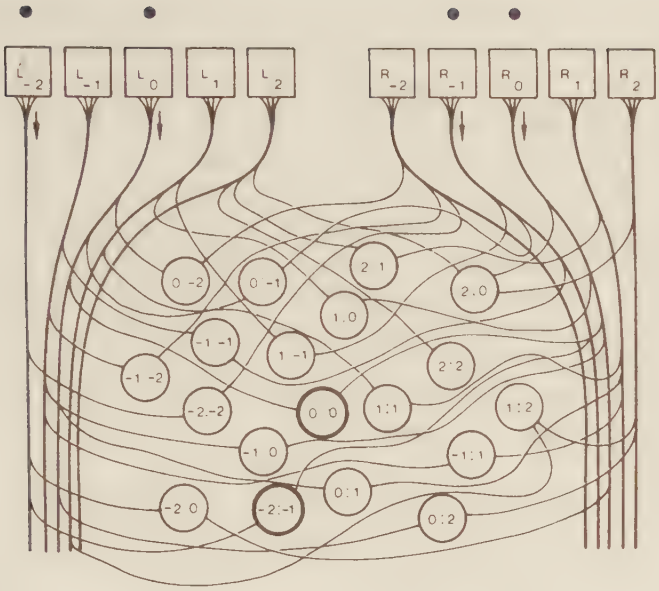


Abb. 39: Version 3 des Basisschemas (Legende s. unter 8.3.2.)

8.3.3. Anwendungen des Modells auf einige Stereophänomene

Das Modell verlangt in Ergänzung eine dichte Transversalverschaltung auf dem C-Niveau, die der Übersichtlichkeit halber (wie auch die efferenten Fasern) in den Schemazeichnungen fortgelassen sind. Es sind multilaterale Hemmungsprozesse anzunehmen, nach der einzelne und Gruppen von C-Zellen schwächerer Aktivität eine Hemmung durch Zellen stärkerer Aktivität erfahren. Dabei werden zwei verschiedene Faktoren unterstellt: a) die Aktivität von Einzelzellen nimmt zu mit dem Konkordanzgrad der Signalspezifität und b) die Aktivität von Zellgruppen nimmt zu mit dem Konkordanzgrad der T_c-Werte.
In dieser Form gestattet das Modell die Erklärung der physiologischen Basisvorgänge zu einer Reihe von bekannten Stereophänomenen, die in der Literatur immer wieder als Prüfsteine einer Theorie des binokularen Sehens gewertet worden sind.

8.3.3.1. Tiefe im Falle normaler Querdisparation

Abb. 37 enthält schematisch die Situation, die sich bei der stereoskopischen Darbietung von gleichartigen Linienpaaren ungleichen Abstandes ergibt (vgl. z.B. Abb. 9). Links werden L_{-2} und L_0 erregt, rechts R_{-1} und R_0. Wie leicht zu sehen ist, laufen in vier verschiedenen C-Zellen Erregungen zusammen, in (-2;-1), (0;0), (-2;0) und in (0;-1). Die Spezifitätskonkordanz ist in allen vier Fällen gleich, doch werden aufgrund der geringeren Disparation nur (-2;-1) und (0;0) aktiv. (0;0) entspricht der Lokalisation in der Merkstelle. (-2;-1) hat den Tiefengrundwert $T_C = -1$ und den Breitengrundwert $B_C = -1{,}5$, was der Lokalisation "vorn rechts" entspricht.

8.3.3.2. Tiefe im Falle überkreuzter Disparation

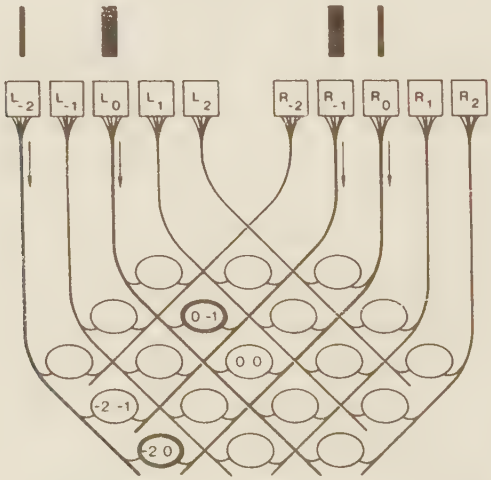


Abb. 40: Schema für den Fall überkreuzter Disparation (Erläuterungen s. unter 8.3.3.2.)

Schon seit WHEATSTONE besteht das Problem, wie die Tiefenerscheinungen bei überkreuzter Disparation zu erklären seien, also bei der Besetzung identischer Netzhautstellen durch ungleichartige Figuren. Einleuchtendste Erklärung bislang ist die, daß hier wie allgemein Disparation zwischen gestaltgleichen Figuren bestünde.

Die theoretische Verdrängung der Gestaltdisparation durch die Konturdisparation nach LINSCHOTEN stellt das Problem neu. Das vorliegende Modell bietet die folgende Lösung:
Gemäß Abb. 40 seien ähnlich wie bei der bekannten WHEATSTONE-Figur zwei verschieden starke Doppelkonturen in beiden Halbbildern in überkreuzter Position vorgegeben. Überdies möge eine leichte Querdisparation zwischen den Netzhautstellen gegeben sein, eine gleiche wie unter 8.3.3.1.. Wieder laufen bilaterale Erregungen in den Zellen (-2;-1), (0;0), (-2;0) und (0;-1) ein. Diesmal aber werden (0;-1) und (-2;0) aktiv, weil die Signalkonkordanz bei diesen Zellen größer ist. Dies setzt voraus, daß verschieden starke Doppelkonturen verschiedene oder verschieden viele rezeptive Felder der Retina anregen.
Die dünne Linie wird hiernach mit $T_C = -2$ und $B_C = -1$ "vorn rechts" lokalisiert, der breitere Streifen dagegen mit $T_C = 1$ und $B_C = -0{,}5$ "hinten rechts". Insgesamt ergibt sich hier ein stärkeres Tiefengefälle bei geringerer Breitendifferenz als im Falle 8.3.2.1., obwohl die Halbbilder auf gleichen Netzhautstellen wie dort abgebildet werden. Diese Folgerung entspricht den vielfach gemachten Beobachtungen.
Die unterschiedliche Konkordanz der Kontursignale wird in diesem Beispiel mit der unterschiedlichen Breite der Doppelkonturen als gegeben angesehen. In diesem Zusammenhang eröffnet sich ein interessanter Aspekt:
Vorausgesetzt, das Modell sei in wesentlichen Teilen triftig. Dann bietet sich hier eine Möglichkeit, die Spezifität rezeptive Felder der Retina beim Menschen psychologisch zu erforschen. Eine solche Spezifität wäre demnach immer dann gegeben, wenn bei überkreuzter Disparation von Figuren mit unterschiedlichen Merkmalen tatsächlich die intendierte Tiefenverlagerung eintritt.

8.3.3.3. PANUM-Effekt

Bei der Betrachtung zweier gewöhnlicher paralleler Linien in frontalparalleler Ebene entsteht eine Reizkonstellation, die zur Erregung z.B. von L_{-1} und L_0 einerseits sowie von R_{-1} und R_0 andererseits führt. Ähnlich wie unter 8.3.3.2. laufen die Erregungen in vier verschiedenen C-Zellen zusammen, in (-1;-1), (0;0), (-1;0) und (0;-1). Die Aktivität der beiden letzten Zellen wird

durch die der beiden ersten gemäß dem Faktor der geringeren Disparation gehemmt, die sich ergebenden Tiefen- und Breitengrundwerte (T_C = 0, B_C = -1 bzw. 0) bedeuten benachbarte Positionen in der Kernebene.

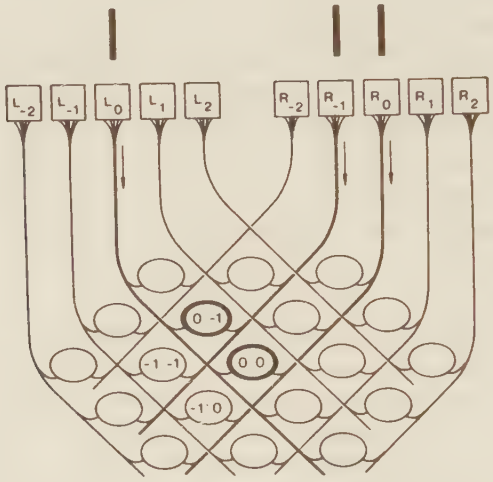


Abb. 41: Schema zum PANUM-Effekt (Erläuterung s. unter 8.3.3.3.)

Abb. 41 entspricht demgegenüber einer einfachen PANUM-Konstellation, die sich vom eben genannten Fall dadurch unterscheidet, daß die Erregung von L_{-1} ausfällt. Dadurch, daß nun auch die Aktivierung von (-1;-1) ausbleibt, fehlt gleichzeitig die von dieser Aktivität ausgehende Hemmung von Nachbarzellen. Unter dieser Bedingung kann (0;-1) aktiv werden. Mit den Werten T_C = und B_C = -0,5 entspricht die Lokalisation dem "rechts hinten". Eine Reihe von Beobachtungen stützt diese Interpretation:

1. Die PD-Experimente haben gezeigt, daß der Grad der Tiefenverlagerung beim PANUM-Effekt der gleiche ist wie bei gewöhnlicher Disparation. Hier erweist sich dementsprechend der Wert T_C für (0;-1) als ebenso hoch im PANUM-Falle wie im Vergleichsfalle 8.3.3.2..
2. LINSCHOTEN verzeichnet eine Breitenverlagerung beim PANUM-Effekt im Sinne einer Annäherung der beiden Einzellinien gegenüber dem Fall beidseitig gleicher Halbbilder. Tatsächlich ergibt

sich hier mit B_C = -0,5 und 0 eine Differenz der Breitengrundwerte, die absolut unter der liegt, die sich aus B_C = -1 und 0 ergibt.

3. Die leichte Unsicherheit bei der Bestimmung der Tiefenlage in den PD-Experimenten im PANUM-Falle korrespondiert damit, daß restliche Hemmungsprozesse in Richtung auf (0;-1) durch (0;0) wirksam sind. Sie verstärken sich bei mangelhafter Spezifitätskonkordanz der Signale (starke Streuung der Tiefenurteile in den PW-Experimenten).

8.3.3.4. PULFRICH-Effekt

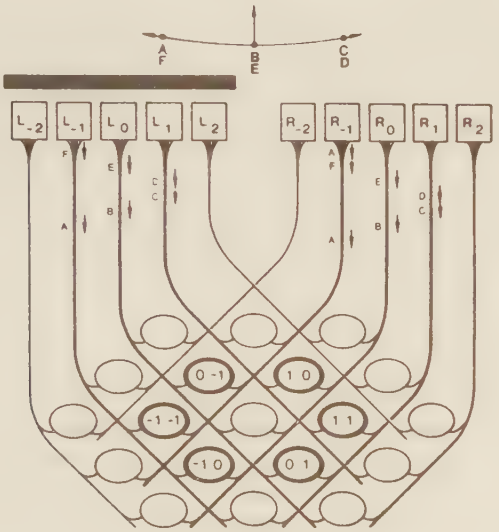


Abb. 42: Schema zum PULFRICHschen Stereophänomen (Erläuterungen s. unter 8.3.3.4.)

Beim PULFRICHschen Stereophänomen nimmt die Bahn eines in einer Richtung schwingenden Pendels phänomenal eine Ellipsenform an, wenn eines der beiden Augen durch ein Graufilter blickt.

Im vorliegenden Modell sei davon ausgegangen, daß sich bei reduzierter Reizintensität die retinalen Afferenzen zeitlich verzögern. Hiernach ergibt sich der in Abb. 42 skizzierte Vorgang: Die Buchstaben A - F entsprechen sechs Pendelpositionen, die sich bei zeitlich äquidistanter Fraktionierung der vollen Schwingung

herausgreifen lassen (die Wendepunkte liegen außerhalb des Kennzeichnungsbereichs). Dem linken Auge sei ein Graufilter vorgesetzt, das eine zeitliche Verzögerung der Erregungen um genau 1/6 der Schwingungsdauer mit sich bringt. Die Fasergruppen sind jeweils so gekennzeichnet, daß Querschnitte gleicher Höhe gleichzeitiger Erregung entsprechen. Die beidseitig simultan innervierten C-Zellen sind nun der Reihe nach (-1;0), (0;1), (1;1), (1;0), (0;-1), (-1;-1). Diese Positionsfolge nimmt auf dem PPN die Gestalt einer Ellipse an.

8.3.3.5. Monokulares Sehen

Bei monokularem Sehen ist die Spezifitätskonkordanz bei allen C-Zellen in gleicher Weise null. Ausschlaggebend für die Aktivierung ist hier allein der zweite Hemmungsfaktor, der nämlich stets diejenigen Zellgruppen aktiv werden läßt, die die kleinstmögliche Differenz der T_C-Werte enthalten. Dies sind die Zellen des Kernebenenkorrelats KE_C. Greifen auf dem PPN keine Faktoren des einäugigen Tiefensehens ein, so ist phänomenal mit frontalparalleler Lokalisation zu rechnen.

8.3.4. Grenzen des Modells

Keine Aussagen enthält der vorliegende Entwurf z.B. darüber, wie das PANUMsche Areal zu definieren oder wie Tiefe im Falle von Doppelbildern zu erklären sei. Möglicherweise hängt dieses Problem mit dem weiteren Problem der diskontinuierlichen Verteilung der C-Zellen zusammen. Ausgeklammert ist das Problem der vermutlichen Wechselwirkung von Konvergenz und Disparation. Unklar bleibt die Art und Intensität der multilateralen Hemmungsprozesse zwischen den C-Zellen sowie die Frage, ob sie sich sowohl auf die Größen F_C wie T_C beziehen. Dies scheinen jedoch prinzipiell lösbare Einzelprobleme zu sein, die das Modell im Grundsätzlichen nicht betreffen.
Grundsätzliche Probleme bleiben aber mit der Frage bestehen, welche physiologischen Vorgänge den genannten Verrechnungsmodi ent-

sprechen sollen und in welcher Kodierung die Ergebnisse weiterverarbeitet werden. Vermutungen hierüber würden im Gegensatz zu den bisher gemachten Annahmen wahrscheinlich zunächst nicht zu psychologisch prüfbaren Hypothesen führen. Eine derartige Konkretisierung des Modells gehört zuallererst zum Gegenstandsbereich der Neurophysiologie.

8.4. Einschlägige Befunde aus Human- und Tiermedizin

8.4.1. Die Entdeckung disparationsspezifischer Zellen

Die letzten Jahre haben von physiologischer Seite zum Problembereich des Binokularsehens eine Fülle empirischen Materials erbracht, seitdem HUBEL & WIESEL am Kortex der Katze Aktionspotentiale ableiteten, die spezifisch auf Binokularreize hin auftreten (31). Neben den beiden Forschern, die vor allem durch die Untersuchung der von HARTLINE 1938 und 1940 entdeckten rezeptiven Felder als Organisationsform im visuellen System bekannt geworden sind, ist vor allem eine Forschergruppe hervorzuheben: BLAKEMORE, BARLOW, PETTIGREW, MITCHELL, BISHOP, NIKARA und andere. Sie haben besonders bei Katzen und Affen an verschiedenen Stellen des visuellen Systems Zellgruppen auf ihre mögliche Bedeutung für das binokulare Einfach- und Tiefensehen, für binokularen Wettstreit und andere Phänomene der beidäugigen Wahrnehmung hin untersucht. Der folgende kurze Überblick legt weitgehend die Darstellung von BISHOP 1973 zugrunde (5).

8.4.1.1. Verfahren:

Das Versuchstier wird anästhesiert und paralysiert in einem stereotaktischen Rahmen fixiert. Damit sind seine Augen unbeweglich auf eine Mattscheibe gerichtet, auf die von hinten her Lichtmuster projiziert werden. Entweder können beiden Augen zwei getrennte Lichtmuster dargeboten werden, oder es kann ein Muster gezeigt werden, dessen Bild über drehbare Prismen vor den Augen des Tieres auf unterschiedliche Stellen der Retinae gelenkt wird. Dadurch wird erreicht, daß identische Reize korrespondierende oder in beliebigem Grade disparierende Orte der Netzhäute treffen.

Die Lichtmuster bestehen in der Regel aus kurzen Leuchtstreifen bestimmter Erstreckungsrichtung, die in Querrichtung hin- und herbewegt werden.

Nach Entfernung eines Teils der okzipitalen Hirnschale werden in systematischer Abfolge Mikroelektroden in einzelne kortikale Zellen eingeführt. Durch Variation der Reizbedingung wird die Spezifität der Zellen, nach der sie feuern, erfaßt.

8.4.1.2. Ergebnisse:

Die meisten Zellen der Schicht IV des striaten Kortex erweisen sich in ihrer Funktion als beidäugig bestimmt. Manche Zellen werden bei binokularer Korrespondenz, andere bei bestimmten Disparationsgraden jeweils konturspezifischer rezeptiver Felder aktiv. Bezugspunkt für Disparationen ist dabei das geometrische Mittel der Lage aller gemessenen rezeptiven Felder für jede Retina. Sucht man für ein Auge alle rezeptiven Felder auf, die sich in einem bestimmten Punkt der Retina überlappen (es kann sich dabei um mehrere Dutzend handeln), so findet man die jeweils zugehörigen rezeptiven Felder im anderen Auge um die korrespondierende Stelle annähernd normalverteilt. Abb. 43 zeigt die Verteilun für fünf solcher Stellen.

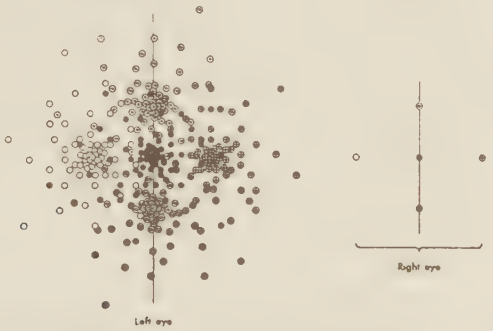


Abb. 43: Schema für die Verteilung disparater rezeptiver Felder nach BISHOP. Jeder der fünf Punkte rechts repräsentiert die Überlappungszone einer Anzahl rezeptiver Felder, deren einzelne Entsprechungen im linken Auge in der dargestellten Form verteilt sind.

Die Ausdehnung der Streubereiche entspricht einem Sehwinkel von ca. 1°. Davon zu unterscheiden ist die Verteilung der disparationsspezifischen kortikalen Zellen. Grob entspricht sie der Netzhauttopographie, im Mikrobereich aber besteht eine Streuung, die unabhängig von der oben genannten, aber von gleicher Größenordnung ist. Innerhalb der einzelnen Zellen besteht jeweils ein bestimmtes Augendominanzverhältnis.

8.4.1.3. Interpretation:

Das binokulare Einfach- und Tiefensehen geschieht mosaikartig. Konturäquivalente Reizverteilungen werden von rezeptiven Feldern

gleicher Spezifität in beiden Netzhäuten erfaßt und zu kortikale Einzelzellen geleitet. Nach dem Schema Abb. 44 laufen in jeder Zelle die Signale der beiden einander entsprechenden rezeptiven Felder zusammen. Die Verteilung der kontralateralen rez. Felder um einen ipsilateralen Punkt entspricht dem Bereich, innerhalb dessen Tiefenunterschiede gesehen werden.
Zwischen den kortikalen Zellen sind Hemmungsprozesse anzunehmen, die für Suppressionen größerer Areale im binokularen Wettstreit verantwortlich sind.

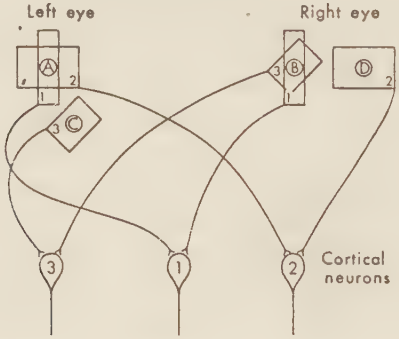


Abb. 44: Schaltschema nach BISHOP
(Erläuterungen s. unter 8.4.1.3.)

8.4.1.4. Kritik:
Das Modell BISHOPs hat den Vorzug, daß es sich auf empirische Daten stützen kann, die unmittelbar aus kortikalen Prozessen selbst gewonnen worden sind. Grundsätzliche Probleme ergeben sich daraus, daß im Bezug dieser Daten auf Wahrnehmungsphänomene gleichzeitig drei Schritte getan werden: der Schritt vom paralysierten und anästhesierten zum frei beweglichen und in allen Sinnesmodalitäten affizierten Tier, der Schritt von der Tierphysiologie zur Physiologie des Menschen und der Schritt von der Physiologie zur Psychologie.
Der erste Schritt betrifft ein Problem wissenschaftlichen Experimentierens überhaupt, bei dem in der Regel mehrere Bedingungen konstant gehalten werden, um die Wirksamkeit der übrigen kontrol-

lieren zu können. Inwieweit bei den vorliegenden Experimenten Methodenartefakte bedeutsam sind, wird sich vielleicht anhand v Implantaten beim frei beweglichen Tier feststellen lassen.
Schritt zwei bedarf einer gesonderten Betrachtung, die im nächsten Abschnitt erfolgen soll. Eine Reihe von Befunden zeigt, daß in der Organisationsform des visuellen Systems zwischen höheren Säugetieren zwar Übereinstimmungen, aber auch erhebliche Unterschiede bestehen.
Die Problematik des dritten Schrittes ist bereits unter 8.2. angesprochen worden. Die Annahme des Isomorphieprinzips trägt entscheidend zur Entschärfung bei.

8.4.2. Vergleichende Untersuchungen zur Rolle des Chiasma, des Corpus geniculatum laterale, des Corpus callosum, des Thalamus und des visuellen Cortex

Bei Tieren mit getrennten Sehfeldern, z.B. bei Fischen und Kaninchen, besteht eine uniokulare Projektion der Sehnerven zur kontralateralen Sehrinde (s. GRÜSSER-CORNEHLS,15). Stärkere Überlappung der Sehfelder geht in der Regel mit einer Aufteilung der Sehnervenbündel am Chiasma einher dergestalt, daß die von de temporalen Hälfte der Retinae ausgehenden Fasern ipsilateral, di von der nasalen Hälfte ausgehenden Fasern kontralateral weiterge führt werden. Bis über die Sehnervenkreuzung hinaus bleiben die Fasern voneinander isoliert (s. Abb. 45).
Die erste Verschaltung erfolgt in beiden seitlichen Kniehöckern, über ihre Art besteht noch keine abschließende Klarheit. Teilwe se wird gelehrt, daß im Corpus geniculatum laterale (c.g.l.) des Menschen eine monosynaptische Schaltung und damit eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen Retina und Kortex vorliegt (s. DODT in 40). GLEES hat bei Affen keine Hinweise auf binokulare Interak tion zwischen den Schichten des c.g.l. gefunden. Bei der Katze dagegen, dem Hauptversuchstier für Messungen kortikaler Aktionspotentiale, hat FILLENZ eine gewisse Anzahl von Zellen im c.g.l. gefunden, die offenbar von beiden Augen aktiviert werden. Ihren Ergebnissen widersprechen aber die Befunde von GRÜSSER (s.12).

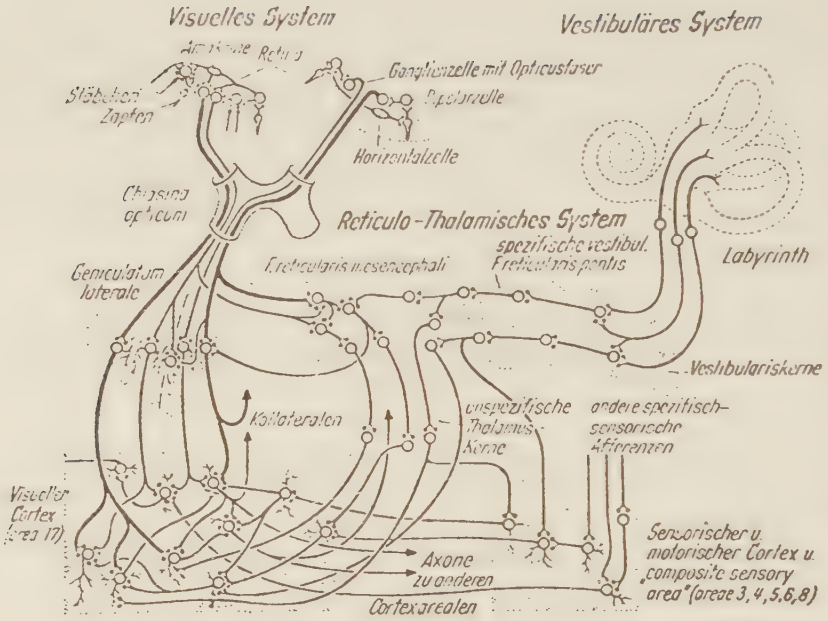


Abb. 45: "Schema der Erregungskonvergenz des vestibulären, visuellen und reticulo-thalamischen Systems im visuellen Cortex (modifiziert nach JUNG, 1960). Die möglichen anatomischen Verbindungen sind nach den Ergebnissen von Mikroableitungen corticaler Neurone bei der Katze konstruiert. Neben den genannten 3 Systemen sind im sensomotorischen Cortex auch andere spezifisch-sensorische Afferenzen eingezeichnet, deren Einfluß auf die Sehrinde noch nicht genauer untersucht ist.
Das visuelle System sendet die durch Licht- oder Dunkelreize des Auges ausgelösten spezifisch-visuellen Impulse über das Geniculatum zur Hirnrinde, wo sie vorwiegend monocular verschaltet werden. Nur wenige Zellen erhalten binoculare Impulse.
Neben diesen spezifischen retino-geniculären Afferenzen werden die Neurone der Sehrinde durch vestibuläre und reticulothalamische Afferenzen beeinflußt. Das unspezifische ascendierende reticulo-thalamische System, in der bereits eine Konvergenz verschiedener Sinnesmodalitäten stattfindet, erregt oder hemmt mit längerer Latenz die gleichen Neurone, die vom optischen System beeinflußt werden... Die Zahl der Synapsen und Neuronenschaltungen ist schematisch-hypothetisch..."
(Abb. und Text aus JUNG, 35).

Die Vergleiche werden dadurch erschwert, daß sich im c.g.l. der Katze nur zwei Schichten gegenüberliegen, jeweils versorgt mit ipsi- und kontralateralen Fasern, während es beim Menschen wie beim Affen mehrere Schichten sind, die wechselweise ipsi- und kontralateral beschickt werden. Für eine binokulare Interaktion auf diesem Niveau spricht die Anordnung gegenüberliegender Zellen, die im Normalfall einer exakten Korrespondenz entspricht. Ist diese Anordnung gestört - dies ist z.B. regelmäßig der Fall bei Albinotieren wie der Siamkatze - so sind Strabismus und andere Sehstörungen zu verzeichnen (GUILLERY 1974,16).
Aus anatomischer Sicht hält schon 1926 HENSCHEN das c.g.l. als Ort binokularer Fusion für denkbar, für möglich das Sehzentrum in der Calcarinafurche (Area 17), für wahrscheinlich aber die laterale Okzipitalrinde (Area 18) (23). HENSCHEN behält in seiner Einschätzung der Rolle des c.g.l. dahingehend recht, daß er hier eine entscheidende Schaltstelle für die Konvergenzbewegunge der Bulbi ansieht. Diese Bedeutung des c.g.l. ist inzwischen unbestritten.
Für den wahrscheinlichsten Ort für die Analyse binokularer Interaktion beim Menschen hält BISHOP Schicht IV der Area 17, also jene Schicht, in die die Fasern aus dem c.g.l. einmünden. An diesem Ort sind auch bei der Katze die in 8.4.1. genannten disparationsspezifischen Zellen verteilt. Allerdings finden sich beim Makaken, einer Affenart, nach HUBEL und WIESEL keine Binokularzellen in Area 17. In Area 18 dagegen, dem nachgeschalteten Sehzentrum, erweisen sich 43% von 547 geprüften Zellen als "binocul depth cells" (32). BLOUGH führt hierzu einen tierpsychologischen Diskriminationsversuch durch. Die beiden Versuchstiere erweisen sich als in der Lage, stereoskopische Figuren zu unterscheiden, die nach dem Zufallsmusterprinzip von JULESZ (s. unter 2.) konstruiert sind. BLOUGH deutet die Ergebnisse als Bestätigung für das Vorhandensein disparationsspezifischer Neurone (7).
Von vergleichbaren Versuchen am Menschen berichten REFAN & SPEKREIJSE 1970 (63). Auch sie verwenden JULESZ-Muster, leiten jedoch aus naheliegenden Gründen nicht von einzelnen kortikalen Zellen, sondern von der Oberfläche des Hinterkopfes Hirnpotentiale ab. Es zeigen sich in der Superposition der Impulse aus zahlreichen Einzelmessungen Erregungsverläufe, deren Gestalt mit der Di

paration zu korrelieren scheint (s. a. FIORENTINI & MAFFEI, 13). Stereoskopische Nacheffekte, die später dargebotene Disparations muster in ihrer Tiefenwirkung beeinflussen (bis 90 Sekunden lang stellen 1973 MITCHELL & BAKER fest. Aus der Tatsache, daß diese auch bei JULESZ-Mustern auftreten, schließen die Autoren darauf, daß die entsprechenden Adaptationsvorgänge nicht auf retinalem Niveau ablaufen, sondern in disparationsspezifischen Neuronen des menschlichen Kortex (56).

Der Bedeutung des corpus callosum (c.c.), dem Verbindungsteil zwischen beiden Großhirnhemisphären, schenken in diesem Zusammenhang MITCHELL und BLAKEMORE 1970 besondere Aufmerksamkeit. Sie gehen davon aus, daß Objekte, die auf dem Meridian der Sehfelder liegen, weder allein durch die Projektionen der Fasern in der linken noch durch die in der rechten Hemisphäre erfaßt werden, sondern daß ihre Tiefenbestimmung nur über die Bahnen des c.c. möglich ist. Tatsächlich zeigt sich in Untersuchungen an einem Patienten mit getrennten Hirnhälften, daß ihm die Tiefenlokalisation von Objekten, die beidseitig, temporal und nasal abgebildet werden, nicht möglich ist, während im übrigen die Tiefenwahrnehmung von Objekten, die nur temporal oder nasal abgebildet werden, ungestört funktioniert. Bedeutsam ist auch die Beobachtung, daß diesem Patienten Konvergenzbewegungen auf den Fixationspunkt hin unmöglich, auf nebenliegende Punkte dagegen möglich sind (57).

Untersuchungen von BLAKEMORE an einem Patienten, bei dem durch eine Verletzung genau der gekreuzte Teil der Sehnerven im Chiasma unterbrochen ist, liefern ergänzende Befunde: Der Patient ist im temporalen Halbfeld beider Augen völlig blind, die Trennungslinie liegt beidäugig exakt im Meridian. Versuche am Haploskop zeigen, daß er Objekte, die hinter dem Fixationspunkt liegen, nicht sehen kann, daß er dagegen Objekte, die davor liegen, korrekt lokalisiert. Diese Leistung hält BLAKEMORE dadurch für möglich , daß Fasern im c.c. die Bereiche nahe dem Meridian miteinander verbinden.(6).

TREVARTHEN macht 1970 eine weitere Entdeckung. Er untersucht sechs Patienten mit durchtrenntem c.c. und gelangt dabei zu Ergebnissen, die über die von BLAKEMORE hinausgehen. Patienten mit getrennten Großhirnhälften sind bekannt geworden besonders dadurch, daß bei ihnen eine merkwürdige Gespaltenheit des Be-

wußtseins und eine weitgehende Unabhängigkeit in der beidseitigen Informationsverarbeitung vorzuliegen scheinen, was sich besonders auch unter Bezug auf die Inhalte der beiden Sehfeldhälften zeigt. TREVARTHEN stellt fest, daß solche Patienten dennoch beidseitig gebotene Muster in gewisser Hinsicht miteinander auf Größe verglei chen, auf Symmetrie hin beurteilen etc. können. Er folgert daraus daß es wahrscheinlich auch im Hirnstamm Kommissuren gibt, die die visuellen Systeme beider Hemisphären miteinander interagieren lassen (71).

Neueste Untersuchungen werfen weiteres Licht auf die mögliche Rolle solcher subkortikaler Verbindungen und Zentren. R. LEWIN berichtet 1975 von einem Rhesusaffen, der über mehrere Jahre hin nach vollständiger Exstirpation des visuellen Kortex gepflegt und beobachtet worden ist. Während dieser Zeit hat er merkwürdigerweise eine gewisse Fähigkeit wiedererlangt, Objekte sicher zu greifen und Hindernissen auszuweichen, die er nur über die Augen erfahren haben kann. Die Möglichkeit zu dieser Leistung schreibt R. LEWIN dem Mittelhirn zu, zu dem einige Sehnervenfasern aus dem Bereich des c.g.l. abzweigen.

Einige Untersuchungen an Hirnverletzten und Hirnoperierten, die den visuellen Kortex einer Hemisphäre vollständig verloren haben, liefern in diesem Zusammenhang besonders bemerkenswerte Phänomene. Sie scheinen gemäß früheren Beobachtungen an vergleichbaren Fällen (z.B. durch POPPELREUTER) zunächst für eine Sehfeldhälfte blind zu sein. Jedoch: Bietet man einem solchen Patienten optische Muster derart, daß sie auf die "blinde" Seite fallen, so vermag er mit dem Finger in die Richtung der Lichtquelle zu zeigen, vermag zwischen vertikalen und horizontalen Linien, zwischen Formen wie X und O, zwischen Rot und Grün zu unterscheiden. Der Patient ist sich selbst dabei gemäß seiner Aussage keines visuellen Erlebnisses bewußt; stets meint er, nur geraten zu haben. Ein Patient, der überzufällig oft den Kopf in die Richtung der Lichtquelle wendet, fragt verwirrt: "Wie kann ich auf etwas blicken, das ich nicht gesehen habe?" (49)

8.5. Konsequenzen aus den medizinischen Befunden für ein psychophysisches Modell des Binokularsehens und die heuristische Funktion der empirischen und theoretischen Befunde der vorliegenden Untersuchung

8.5.1. Die grundsätzliche Möglichkeit nicht-bewußtseinskorrelierter visueller Zwischenprozesse mit verhaltenssteuernder Bedeutung

Beobachtungen, die ein adäquates Verhalten auf optische Reize hin zeigen, ohne daß von visuellen Erlebnissen berichtet werden kann, sind von grundsätzlicher Bedeutung für die innere Psychophysik. Sie stützen die in der vorliegenden Arbeit verfolgte Hypothese, daß es Prozesse im visuellen System gibt, die - obwohl von hoher Dignität für angepaßtes Verhalten und von hohem Integrationsgrad - nicht bewußtseinsfähig sind. Darüberhinaus erfährt der somatische Ausschnitt, auf den das Isomorphieprinzip anwendbar ist, eine zunehmende Umschreibung.
Der allgemeine Wert für die Bewußtseinsproblematik kann hier nicht weiter untersucht werden. Allerdings sei ein Punkt angesprochen, der in den genannten Untersuchungen nicht diskutiert wird. Der Mangel an Beschreibungen visueller Erlebnisse bei gleichzeitig optisch angepaßten Reaktionen kann damit zusammenhängen, daß solche Erlebnisse zwar im Erleben präsent sind, jedoch nicht in einem visuellen Gedächtnis verankert werden können und daher in der Erlebnisbeschreibung fehlen müssen (vgl. den Befund der Merkunfähigkeit für visuelle Inhalte bei dem aktuell sich optisch angepaßt verhaltenden Affen bei R. LEWIN, 49). Es kann also nicht als letztgültig erwiesen betrachtet werden, daß die psychophysischen Prozesse des aktuellen visuellen Erlebens notwendig an die Funktionsfähigkeit des Okzipitalhirns gebunden sind.
Bezüglich des Binokularsehens ist es zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht möglich, der Vielfalt von z.T. divergierenden und bes. für den Menschen unvollständigen Beobachtungen an gesunden und pathologischen Individuen ein einheitliches Bild von der zentralnervösen Organisation zu entnehmen. Zu viele Fragen sind ungeklärt. Dazu ist die Frage zu rechnen, ob die offensichtliche Bedeutung, die den Bahnen außerhalb des geniculo-striären Systems zukommt, für das Zustandekommen binokularer Interaktion von der

Art einer notwendigen oder gar hinreichenden Bedingung ist oder ob die aus pathologischen Befunden konstruierten Leistungen eher kompensatorischer Art sind, die auf die Bildung von Ersatzfunktionen zurückzuführen sind. Neubildungen in der Organisationsstruktur des Gehirns bei örtlichen Schädigungen werden ja seit langem für wahrscheinlich gehalten (s. z.B. LURIA,52).

8.5.2. Synoptische Kurzdarstellung der beiden genannten, aus physiologischen und aus psychologischen Befunden gewonnenen Modelle des Binokularsehens

Das aufgrund physiologischer Befunde wahrscheinliche Modell (P) sowie das eigene Modell (C) seien in ihren wesentlichen Punkten noch einmal gegenübergestellt.

1.
P: Höchstwahrscheinlich kommt den rezeptiven Feldern (r.F.) beider Retinae eine entscheidende Rolle zu. R.F. gleicher Spezifität in beiden Augen führen bei gleichzeitiger Reizung zur Aktivierung bestimmter Zellen auf einem nachgeordneten Niveau des visuellen Systems.
C: Das C-Modell gründet sich ebenfalls auf diese von HUBEL & WIESEL nahegelegte Annahme und behauptet, daß die Einzelmerkmale der Unstetigkeitsmuster auf retinalem Niveau in Signale umgesetzt werden, die bei Übereinstimmung zur Aktivität der sog. C-Zellen führen.
2.
P: Die Zellen, in welche die bilateralen Signale einlaufen, reagieren höchstwahrscheinlich disparationsspezifisch, d.h. sie werden nur dann aktiv, wenn rezeptive Felder ganz bestimmter räumlicher Abweichung vom gemeinsamen Mittelpunkt ihrer Örter gereizt sind.
C: Die C-Zellen sind ebenfalls als disparationsspezifisch aufzufassen unter Bezug auf die Topographie der rezeptiven Felder.
3.
P: Das Schaltschema ist bei Katzen höchstwahrscheinlich von der Art, daß je eine disparationsspezifische Zelle die Zuleitungen aus zwei einander entsprechenden rezeptiven Feldern erhält. Beim Menschen besteht möglicherweise das gleiche Schema.
C: In diesem Punkte unterscheidet sich das C-Modell wesentlich

von den anderen Vorstellungen. Hiernach beschickt jeweils eine Gruppe von sich überlappenden r.F. gemeinsam eine Vielzahl von C-Zellen, die ihrerseits Zuführungen aus kontralateral korrespondierenden und disparierenden r.F. erhalten. Die C-Zellen sind disparationsspezifisch, selbst aber nicht konturspezifisch. Viel mehr werden sie aktiv bei einem bestimmten Grad an Spezifitätskonkordanz der bilateral einlaufenden Signale.
Der Vorzug dieses Schaltschemas besteht in einer wesentlich geringeren Anzahl der notwendigen Disparationszellen. Gleichzeitig bietet es die hypothetische Lösung eines Identifikationsproblems an, das unter P darin besteht, daß die disparationsspezifischen Zellen an verschiedenen Stellen liegen auch dann, wenn die Merkmale der Reize geeignet sind, r.F. unterschiedlicher Spezifität an identischen Netzhautstellen zu aktivieren.
Das Schaltschema des C-Modells ist empirisch prinzipiell in gleicher Weise wie das P-Modell prüfbar. Es müßte sich hiernach zeigen, daß beim Menschen jede der in Frage kommenden C-Zellen zwar disparationsspezifisch reagiert, konturspezifisch aber nur in dem Sinne, daß die Konturmerkmale beider Halbbilder ein Mindestmaß an Konkordanz aufweisen; das heißt, Reaktionen wären an ein und derselben Zelle bei sehr verschiedenen, bilateral aber gleichen Reizen zu erwarten.
Eine Streuung der C-Zellen auf Mikroniveau ist für das C-Modell unwesentlich, da die Verschaltung zwar eine bestimmte Topologie voraussetzt, nicht aber bestimmte Distanzen (vgl. Abb. 39).
4.
P: Die an den Versuchstieren gefundenen kontur- und disparationsspezifischen Zellen werden als "depth specific cells" interpretiert. Abgesehen von dem allgemeinen Problem, auf physiologischem Niveau den Tiefenbegriff einzuführen (s.o.), ergeben sich mehrere Schwierigkeiten. Die kontralaterale Streuung der r.F. gegenüber sich überlagernden r.F. auf unilateraler Seite zeigt sich in vertikaler wie in horizontaler Richtung (s. Abb. 43). Bislang fehlt eine schlüssige Erklärung dafür, warum für das Zustandekommen von stereoptischer Tiefe nur der horizontale Disparationsanteil tiefenwirksam ist. Daran schließt sich unmittelbar die Frage nach dem Kriterium an, nach dem die Vorn-Hinten-Beziehung eindeutig festgelegt sein soll.

Ebenfalls offen bleiben Fragen wie die nach den physiologischen Korrelaten zur Raumkonstanz, die für ein angepaßtes Verhalten unerläßlich ist. Bislang enthält das Modell nur einen Bezug zur Horopterebene und zum Fixationspunkt. Beide aber ändern ihren Ort mit jedem Konvergenzwechsel und mit jeder Körperbewegung.

C: Das C-Modell enthält in freilich vorerst abstrakter Form Möglichkeiten zur Unterscheidung von Lokalisationssignalen in Richtun wie in Ausmaß, insbesondere in Form der sog. Tiefengrundwerte. De empirische Nachweis physiologischer Variablen, die sich solchen Grundwerten eindeutig zuordnen lassen, bleibt als Aufgabe bestehen Daß die Existenz solcher Größen wahrscheinlich ist und nicht bereits mit der räumlichen Ordnung der C-Zellen per se als gegeben angesehen werden kann, ergibt sich daraus, daß mit einer räumlichen Streuung der C-Zellen gegenüber der durch sie codierten Raumlage zu rechnen ist. Das Problem der Raumkonstanz und des Einflusses monokularer Tiefenfaktoren wird auf dem C-Niveau nicht gelöst. Dieses Niveau wird vielmehr verstanden als Träger eines Zwischenprozesses, dessen Ergebnisse in der weiteren Verarbeitung Modifikationen sowie die Einordnung in übergreifende Bezugssysteme erfahren.

5.

P: Als möglicher Ort der disparationsspezifischen Zellen kommt di Eintrittsstelle der Fasern aus dem corpus geniculatum laterale in die Area 17 in Frage, doch ist aufgrund der an Affen gefundenen Da ten auch mit der Möglichkeit zu rechnen, daß sie in der Area 18 zu suchen sind. Das c.g.l. selbst scheint zwar gewisse binokulare Interaktionen zu beinhalten, diese dürften aber im Sinne einer stereoptischen Funktion nicht hinreichend sein. Sie erfüllen möglicherweise nur eine Kontrollfunktion in der Konvergenzsteuerung. Den Kommissuren zwischen beiden Großhirnhälften kommt wahrscheinlich eine entscheidende Bedeutung bei der Disparationsverarbeitung im Bereich des Meridians zu, besonders also für das stereoskopische Sehen im Fixationsbereich.

C: Das C-Modell enthält keine Annahmen über den anatomischen Ort der Interaktionsprozesse und widerspricht daher keiner der unter P genannten Lokalisationsmöglichkeiten. Sein entscheidender Beitrag zu dieser Frage ist der Hinweis darauf, daß die Vorgänge auf diesem Niveau mit großer Wahrscheinlichkeit nicht zu denjenigen somatischen Prozessen gehören, die bewußtseinskorreliert sind.

Es verweist vielmehr auf das Psychophysische Niveau als übergeordnete Ebene, für dessen gestaltende und integrierende Prozesse die elementaren Vorgänge auf dem C-Niveau einen Teil des Basismaterials liefern.

8.5.3. Zur möglichen physiologischen Grundlage des WITTE-KÖNIG- und des ZAJAC-Effekts. Die zweifache Doppelnatur des visuellen Systems

Schließlich sei wieder zum Ausgangspunkt dieser Arbeit zurückgekehrt; denn bislang noch nicht explizit angesprochen ist die Frag nach dem physiologischen Grundprozeß, der möglicherweise dem Lükkenphänomen entsprechen könnte und seiner Spielart, dem ZAJAC-Effekt. Aus den bisher verfolgten Modellen scheinen sich sowohl de figurale wie der stereoptische Effekt herleiten zu lassen:
Wie in den WK-Experimenten herausgearbeitet, läßt sich das Lücken phänomen damit beschreiben, daß im binokularen Wettstreit stets relative Unstetigkeiten gegenüber relativen Stetigkeiten prävalieren. Nach BISHOP sind im Bereich der Disparationszellen kontralaterale Hemmungsprozesse wahrscheinlich (vgl. unter 8.3.3.), die sich jeweils über 1-2° des umgebenden Bereichs im Gesichtsfeld erstrecken. Zur Annahme von Suppressionsfeldern der gleichen Größenordnung gelangt in psychologischen Experimenten KAUFMAN (5, 36 Diese Suppressionswirkung kommt beim Lückenphänomen vermutlich wi folgt zur Geltung:

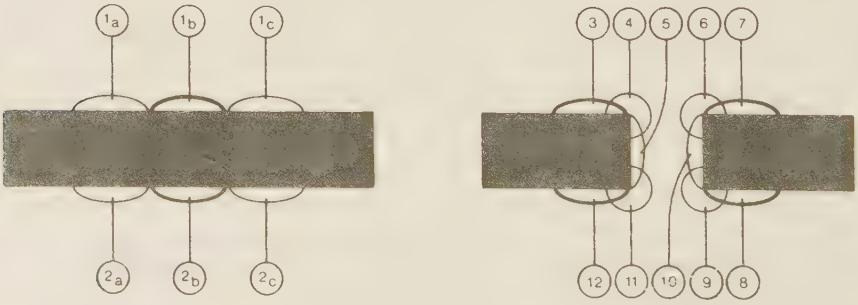


Abb. 46: Zur hypothetischen Suppressionswirkung rezeptiver Felder beim WITTE-KÖNIG- und beim ZAJAC-Effekt (s. Text)

Durch die uniokulare Darbietung des durchgehenden horizontalen Streifens wird eine Anzahl rezeptiver Felder aktiviert, die spezifisch auf horizontal gelagerte Konturen ansprechen, in Abb. 45 z.B. an den Stellen 1a, 1b, 1c und 2a, 2b, 2c. Kontraokular sind in der Nachbarschaft des korrespondierenden Bereichs z.T. horizontal orientierte r.F. aktiviert (3, 7, 8, 12) und mit den Grenzkonturen der Lücke auch vertikal orientierte r.F. (5 und 10 Wahrscheinlich ist nun, daß es beim Menschen wie bei Tieren sog. komplexe r.F. gibt, die nicht auf bloße Konturen, sondern auf Ecken spezifisch reagieren (s. 4). In diesem Falle liegen solche Ecken an den Stellen 4, 6, 9 und 11. Auf dem Niveau der disparationsspezifischen Zellen (C-Zellen) geraten die Wirkungen der aktivierten r.F. in kontralateralen Wettstreit. Dabei überwiegen die an der Lücke aktivierten r.F. bereits in der Anzahl, möglicherweise auch aufgrund einer Prävalenz komplexer r.F. gegenüber einfachen r.F.. Je dichter die aktivierten r.F. beieinander liegen, umso stärker überlappen sich die verschiedenen Suppressionsareale: die Lücke schließt sich umso seltener, je kleiner sie ist.

Innerhalb dieser Annahmen läßt sich auch dem ZAJAC-Effekt ein zentralphysiologisches Pendant zusprechen. Die Erscheinung, daß im Lückenbereich sich die Teile des Streifens tiefenmäßig voneinander fortdrehen, ist mit keiner der herkömmlichen Theorien zu erklären. Zum einen enthält der durchgehende Streifen keine vertikalen Konturen, an denen nach bisherigem Verständnis Querdisparation ansetzen könnte, zum anderen fehlt phänomenal gerade das Teilstück der durchgehenden Linie, zu dem die Lückenenden disparat stehen.
Die genannten Modelle gestatten ohne weitere Zusatzannahmen die folgende Interpretation: Die rez. Felder der Stellen 1b und 2b gemäß Abb. 45 werden in gleicher Weise wie die benachbarten Felder aktiviert. Genau diese r.F. in der Gesamtheit derer, die den horizontalen Streifen erfassen, liegen entsprechend dem PANUM-Fall in doppelter Weise disparat einerseits zu den Orten 3 und 7, andererseits zu den Orten 8 und 12. Die entsprechenden disparationsspezifischen Zellen fungieren in diesem wie in jedem anderen Falle von Querdisparation. Unbeschadet des Umstandes, daß die allgemein wirksamen Hemmungsmechanismen zu einer Suppres-

sion der Kontursignale aus 1b und 2b führen: erscheinungsmäßig öffnet sich die Lücke in entgegengesetzten Tiefenrichtungen. Sofern die angestellten Überlegungen zutreffen, ist hier also gerade etwas als wirksam zu betrachten, das in anderen Zusammenhängen die Gestaltpsychologie überall als unwirksam bewiesen hat das phänomenal nicht herausgegliederte Teilstück einer Gesamtfigur. Der Widersinn scheint kaum größer sein zu können. Diese Erscheinung läßt sich ebenso wie manche anderen in dieser Arbeit untersuchten Phänomene offenbar nur dann anhand relativ einfacher theoretischer Annahmen verstehen, wenn ein mehrgliedriger visueller Verarbeitungsprozeß unter Gültigkeit des Isomorphieprinzips vorausgesetzt wird.

Diese Annahmen bestehen im Wesentlichen darin, daß dem Psychophysischen Niveau, das gestaltbildend wirksam ist, ein Niveau binokularer Informationsverarbeitung vorgelagert ist. Die Prozesse auf diesem Zwischenniveau finden innerhalb diskret verteilter Funktionseinheiten statt, sind als solche nicht bewußtseinskorreliert und in gewisser Hinsicht von einer zur Gestaltbildung komplementären, nämlich elementaristischen Art.

Es spricht vieles dafür, daß diese doppelte Doppelnatur des visuellen Systems den Rahmen für die Lösung mancher scheinbarer Widersprüche liefern kann, denen die Wahrnehmungsforschung immer wieder begegnet.

IV ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassung

Unter Zugrundelegung des Isomorphieprinzips der inneren Psychophysik wird mit psychologischen Mitteln der vielfach gestellten Frage nachgegangen, ob die für das Binokularsehen fundamentalen Prozesse auf einem bewußtseinskorrelierten oder auf einem nichtbewußtseinskorrelierten Niveau des visuellen Systems zu suchen sind. Der empirische Teil der Arbeit macht die zweite Alternative wahrscheinlich. Im theoretischen Teil wird in weitgehender Übereinstimmung mit medizinischen Befunden ein Modell entworfen, das die stereoptischen Erscheinungen widerspruchsfrei in sich aufnehmen soll. Die Ergebnisse, die zu der theoretischen Trennung eines disparationsverarbeitenden Niveaus von dem gestaltbildend verstandenen Psychophysischen Niveau führen, sind im Wesentlichen:

a) Die phänomenale Präsenz des zu einem dominanten Halbbild querdisparaten Halbbildes ist keine notwendige Bedingung für die stereoptische Tiefenwirksamkeit der Querdisparation, sei diese Präsenz gestalthaft oder konturhaft, simultan oder sukzessiv, vollständig oder residual.

b) Exogene Prävalenzen im binokularen Wettstreit sind weitgehend durch die Unstetigkeitsrelationen der Halbbilder bestimmt. Der Funktionalwert gleicher Unstetigkeiten ist für den Wettstreit ein anderer als für die Gestaltwahrnehmung. Die gestalthafte Formwahrnehmung muß von daher prinzipiell von der Identifikation einfacher Strukturmerkmale der Halbbilder getrennt werden.

c) Stereoptische Tiefe kann auch bei Personen mit extremer endogener Wettstreitdominanz der Augen auftreten.

Diese Ergebnisse basieren auf Experimenten an Effekten, die z.T. selbst noch nicht restlos geklärt sind. Abstützende Untersuchungen erbringen:

d) Der WITTE-KÖNIG-Effekt ist als Ausdruck einer Suppressionshierarchie relativer Unstetigkeiten zu verstehen, in der ein Konturknick oder das Ende einer Doppelkontur gegenüber der stetigen Kontur oder Doppelkontur in ähnlicher Weise dominiert wie die Kontur gegenüber der Fläche.

e) Der PANUM-Effekt beinhaltet den genau gleichen Tiefenunterschied wie unter vergleichbaren Bedingungen der Effekt normaler Querdisparation. Er verlangt gegenüber den Disparationseffekten keine Sondererklärung.
f) Die Wettstreit-Augendominanz erweist sich im Rahmen eines eigens entworfenen Tests als annähernd normalverteiltes Merkmal, das im Mittel einer leichten Rechtsdominanz entspricht.

Das Funktionsmodell zu den Grundprozessen des physiologischen Tiefenkorrelats wird vom METZGERschen Neuronalmodell ausgehend entwickelt. Innerhalb einer festgelegten Verschaltung sind demnach disparationsspezifische Zellen anzunehmen, die bei Spezifitätskonkordanz zuleitender rezeptiver Felder aktiv werden. Das Modell steht in weitgehender Übereinstimmung mit medizinischen Befunden, liefert aber darüber hinaus einige wesentliche Alternativen zu Annahmen über das Schaltschema sowie ergänzende Hinweise zur Disparationsverarbeitung, die zu physiologisch prinzipiell prüfbaren Hypothesen führen.
Insgesamt zeigt sich die Möglichkeit zu einer Synthese ursprünglich divergierender theoretischer Ansätze zum Binokularsehen, von phänomenologischen und von funktionalen, von gestalttheoretischen und von elementaristischen, von psychologischen und von physiologischen Theorien.

V ANHANG

A N H A N G

9. Test zur Messung der Augendominanz (ADT)

9.1. Zur Unterscheidung von endogener und exogener Dominanz der Halbbilder

Innerhalb des Problemkreises der vorliegenden Arbeit wird vielfach das Wettstreitverhalten einzeläugiger Bilder im Sammelbild thematisch. Dominiert ein Halbbild gegenüber dem anderen, so kann dies durch ein allgemein wirksames Eigenschaftsverhältnis beider Halbbilder bedingt sein (z.B. durch eine bestimmte Relation in Form, Farbe oder Bewegung), aber auch durch ein Ungleichgewicht in der Funktion beider Augen des Beobachters. Es muß, um ein Begriffspaar von HAMBURGER zu verwenden, zwischen der induzierten und der primären Dominanz unterschieden werden (17). LINSCHOTEN reserviert den Begriff der Dominanz für den zweiten Fall, für den ersten dagegen den der Prävalenz (51). HILLEMANNS verwendet beide Bezeichnungen synonym und wird damit der Tatsache gerecht, daß sich der genannte Unterschied in der Beobachtungssituation erscheinungsmäßig nicht bemerkbar macht (25).

Zur eindeutigen Festlegung sei hier zwischen exogener und endogener Dominanz unterschieden, wobei "exogen" die Bedingtheit durch Reizasymmetrie ausdrücken soll und "endogen" die Bedingtheit durch funktionelle Asymmetrie des visuellen Wahrnehmungssystems. Das im Folgenden geschilderte Verfahren versucht, die endogene Dominanz zu erfassen. Es soll gestatten,das dominante Auge samt dem Ausprägungsgrad der Dominanz zu bestimmen, ferner die Häufigkeit des Wechsels zwischen beiden Halbbildern.

Die vielfältigen Methoden, die die Feststellung des dominanten Auges beanspruchen, führen je nach Art und Durchführung zu recht unterschiedlichen Ergebnissen (HAMBURGER,17 , HILLEMANNS,25 , WALLS,73 , KÜCHLE & REMKY,45 , zitieren Visierversuche nach ROSENBACH, HAMBURGER, LINEBACH & LUDWIG, Lochblenden- und Spiegelmethoden nach DOLMAN, SCHEIDEMANN, BANISTER und CRIDER, Farbfil-

terverfahren nach ROSENBACH, PASCAL, ROCHAT und KURODA, Richtungslokalisation nach HILLEMANNS, Lidschlußverfahren nach RIDEH haploskopische Verfahren nach KÜCHLE & REMKY). Die meisten Methoden sind zwar einfach, aber recht grob und führen leicht zu Methodenartefakten, vor allem aber legen sie z.T. gänzlich verschiedene Validitätskriterien an und messen daher auch grundsätzlich Verschiedenes.
WALLS führt 25 verschiedene Kriterien an (73). An erster Stell nennt er die Fassung von WASHBURNE, FAISON & SCOTT 1934:
"The dominant eye is the eye whose image in a rivalry situation is in the consciousness for more of the time than that of the other eye".
Ein originelles Verfahren, dieses Wettstreitverhältnis beider Augen zu erfassen, beschreibt KAUFMAN (38): er bietet beiden Augen zwei verschiedene Buchstabenreihen und läßt die Vp die Reihe vorlesen. Mit dem Prävalenzwechsel wechselt die Häufigkeit der Nennungen aus beiden Reihen. KAUFMAN selbst weist aber auf die Schwierigkeiten hin, die durch bei solchen divergenten Mustern unvermeidliche Konvergenzschwankungen auftreten und zeitweise die Buchstaben beider Reihen gleichzeitig erscheinen lassen.
Der vorliegende Test soll "rivalry dominance" möglichst eindeutig erfassen.

9.2. Versuchsanordnung

Die im Stereoskop (modifiz. KIRSCHMANN-Stereoskop) dargebotenen Muster gibt Abb. 46 in zweifacher Vergrößerung wieder. Je ein Quadrat von 5 mm Seitenlänge, das im Stereoskop unter einem Blickwinkel von 2° 45' erscheint, ist von einem Gitter ausgefüllt, dessen im rechten Winkel geknickte schwarze und weiße Streifen (0,3 mm Stärke) je gleiche Flächenanteile bedecken. Dem einen Auge wird das Muster mit nach rechts, dem anderen Auge mit nach links weisenden Winkelscheiteln geboten.

Damit ist ein gleichwertiges Musterpaar gegeben, das zu intensivem Konturenwettstreit führt. Die Schräglage der Linien wird gegenüber einer Senkrecht/Waagerecht-Konfiguration (s. KÜCHLE & REMKY) bevorzugt, da unvermeidliche Konvergenzschwankungen die Prävalenz der Vertikalen begünstigen (Asymmetrie der lokalen Adaptation). Mit der Knickung der Streifen soll u.a. Ungleichwertigkeiten begegnet werden, die durch unkorrigierte Astigmatismen bedingt sein könnten.

Da ein natürliches Blickverhalten erwünscht ist und keine starre Fixation, enthält das Muster nicht (wie z.B. das bekannte Wettstreitmuster von HELMHOLTZ) besondere Fixationspunkte. Konvergenzregulierend sollen die äußeren Begrenzungen der beiden Quadrate wirken.

Abb. 47: Das Wettstreitmuster zum ADT

Der Kopf der Vp ist durch Kinn- und Stirnstütze fixiert. Am Fuße der Stütze ist ein Schalthebel in bequemer Greiflage angebracht, der in drei Stellungen leicht arretiert: links - Mitte rechts. Die Außenstellungen werden auf dem laufenden Papierstreifen eines Mehrkanalschreibers registriert.

9.3. Durchführung

Der Proband blickt zunächst nur mit dem einen, dann mit dem anderen Auge durch das Okular des Stereoskops und beschreibt dabei die Muster. Bei dieser Gelegenheit wird getrennt für beide Augen die optische Scharfeinstellung vorgenommen. Probanden, die aufgrund hochgradiger Sehschwäche eines Auges die damit verbundene Aufgabe nicht erfüllen können, nehmen am weiteren Versuch nicht mehr teil. Eventuelle Korrekturgläser behält der Proband auf. Vor der eigentlichen Messung beschreibt die Vp ca. 30 Sekunden lang ihre Beobachtungen beim beidäugigen Sehen.
Anknüpfend an die Beschreibungen der Vp folgt die Versuchsanweisung:
"Wie Sie anfangs beschrieben haben, weisen in einem Bild die Pfeilspitzen nach rechts, im anderen Bild nach links. Beim beidäugigen Sehen können die rechtsweisenden Pfeile überwiegen oder auch die linksweisenden. Ich möchte Sie jetzt bitten, fortlaufend mitzuteilen, was Sie gerade sehen. Das soll über diesen

Schalter erfolgen. Überwiegen zum größeren Teil die rechtsweisenden Pfeile, dann schalten Sie nach rechts, überwiegen zum größeren Teil die linksweisenden Pfeile, dann schalten Sie nach links. Ist keine Entscheidung möglich, dann bringen Sie den Schalter in Mittelposition. Zeigen Sie alle Veränderungen bitte sofort an."
Nach einer kurzen Probephase erfolgt der erste Durchgang des Tests. Er dauert zwei Minuten. Innerhalb der anschließenden kurzen Pause werden die stereoskopischen Muster ausgetauscht. Danach erfolgt der zweite Durchgang von abermals zwei Minuten Dauer.

> Dies erweist sich in Vorversuchen als probates Zeitmaß. Die Dauer ist nicht zu lang im Hinblick auf die ununterbrochen geforderte Aufmerksamkeitsleistung und scheint Zufallsschwankungen hinlänglich auszugleichen. Der Austausch der Muster dient dazu, eventuelle Richtungspräferenzen zu neutralisieren.

Die vorläufige Standardisierung des Tests erfolgt an 60 Vpn. Die Stichprobe besteht aus 45 Studenten der Psychologie, 8 diplomierten Psychologen und 7 weiteren Personen. 54 Vpn sind im Alter zwischen 18 und 30 Jahren, die übrigen 6 zwischen 30 und 50 Jahren. 30 Vpn sind männlich und ebenso viele weiblich. Die beiden möglichen Abfolgen in der lateralen Position der dargebotenen Muster sind gleich häufig vertreten.

9.4. Berechnung der Werte für Augendominanz und Wettstreitfrequenz

Die Verweilzeiten des Schalters in den Außenstellungen werden als Prävalenzzeiten der Halbbilder gewertet. Anhand der Registrierstreifen erfolgt für beide Augen getrennt die Ausmessung und Summierung der Prävalenzzeiten, ferner die Auszählung der Wechsel (für künftige Messungen empfiehlt sich die Verwendung von zwei Zeit- und Frequenzzählern).
Als individuelles Maß AD für die Augendominanz gilt das Verhältnis der Differenz der Prävalenzzeiten beider Augen $P_r - P_l$ zur Beobachtungszeit T, multipliziert mit 100:

$$AD = \frac{P_r - P_l}{T} \times 100$$

P = Prävalenzzeit
r,l = rechtes, linkes Halbbild
T = Beobachtungszeit

Ist das rechte Auge dominant, so wird AD positiv, ist das linke dominant, negativ. Totale Dominanz eines Auges führt zu einem AD von + 100 oder - 100, bei Gleichheit von P_r und P_l wird AD = 0. Überwiegen in der Beobachtung unentscheidbare Mischbilder der beiden Muster (Schalter in Mittelposition), so nehmen P_r und P_l kleine Werte an und AD nähert sich ebenfalls 0.

Eine zur obigen Formel als Alternative denkbare Quotientenbildung P_r/P_l würde in den letztgenannten Fällen zu unbrauchbaren Werten führen.

Als Maß für die Wettstreitfrequenz WF wird der Quotient aus der Summe aller Wechsel und der Darbietungszeit verwendet:

$$WF = \frac{W_r + W_l}{T}$$

W = Wechselhäufigkeiten
r, l = rechtes, linkes Halbbild
T = Beobachtungszeit

Beispiele: AD = +15,5 und WF = 22 bedeuten: Rechtsdominanz, die Prävalenzzeiten des rechten Auges übertreffen die des linken Auges um 15,5% der Beobachtungszeit, 22 ma verändert sich das Verhältnis pro Minute. AD = -100,0 un WF = 0 bedeuten: totale Linksdominanz, über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg herrscht das Halbbild des linken Auges vor.

9.5. Ergebnisse

Die Beschreibungen ergeben, daß es im Sammelbild niemals zu Überschneidungen kommt (dies steht in Übereinstimmung mit älteren Beobachtungen z.B. bei KURODA, 46, HAMBURGER, 17. Eine Ausnahme beschreibt dagegen KAUFMAN,36 : bei stroboskopischer Beleuchtun erscheinen die Linien beider Halbbilder überkreuzt). Stets ist ein veränderliches Mosaik von Ausschnitten wechselnder Größe aus beiden Halbbildern zu verzeichnen, bis hin zur alternierenden Dominanz der gesamten Halbbilder.

HAMBURGER nennt diese Ausschnitte "Elementengruppen", um darauf hinzuweisen, daß die Ausschnittgröße wahrscheinlich nicht beliebig klein sein kann; KURODA spricht in diesem Zusammenhang von der unabhängigen Funktion von Netzhautregionen statt von Netzhautpunkten. Eine Ausnahme macht ASHER, 2 , der die Möglichkeit echter Fusion abstreitet und z.B. die Beobachtung binokularer Mischfarben damit erklärt, daß er ein Mosaik rivalisierender Netzhautelemente von unterschwelliger Feinkörnigkeit annimmt. Daß hier nicht unbedingt ein Widerspruch bestehen muß, geht aus den unter 8. diskutierten Modellen hervor.

Gelegentlich, wenn auch nur flüchtig, erscheint das Sammelbild in prägnanten Gesamtfigurationen wie z.B. in einer Schar einsinniger Diagonalen, in kreuzartigen Figuren, ineinandergeschachtelten Quadraten oder rechtwinkligen Spiralen. Diese Bilder lassen sich als die gestaltliche Verbindung jeweils vollständiger Halbbildhälften verstehen.
Durch die relative Größe der Ausschnitte ist es in der Mehrzahl der Mischbilder ohne Schwierigkeiten möglich zu entscheiden, ob die linksweisenden Winkel oder die rechtsweisenden überwiegen.

Die Tab. 41 (im Anschluß an 9.8.) enthält die Ergebnisse der 2 x 60 Durchgänge sowie die Gesamtwerte jeder Versuchsperson. Tab. 42 zeigt die Häufigkeitsverteilung der AD-Werte innerhalb der 20 Klassen bei einem Intervall von je 10 Einheiten. Tab. 43 enthält die Verteilung der WF-Werte auf 15 Klassen mit einem Intervall von je 2,5.

Tab. 42: Häufigkeitsverteilung der AD-Werte

Klassenmitte	Häufigkeit
- 95	3
- 85	0
- 75	0
- 65	0
- 55	0
- 45	1
- 35	2
- 25	1
- 15	4
- 5	9
+ 5	20
+ 15	9
+ 25	4
+ 35	5
+ 45	0
+ 55	0
+ 65	0
+ 75	2
+ 85	0
+ 95	0

Tab. 43: Häufigkeitsverteilung der WF-Werte

Klassenmitte	Häufigkeit
1,25	3
3,75	2
6,25	4
8,75	2
11,25	7
13,75	11
16,25	12
18,75	9
21,25	5
23,75	2
26,25	2
28,75	0
31,25	0
33,75	0
36,25	1

Zur Verteilung der AD-Werte:

Die AD-Werte folgen dem Anschein nach weitgehend einer symmetrischen Verteilung. Aus dem Rahmen einer Normalverteilung heraus fallen die drei Vpn mit AD-Werten, bei denen in einem oder in beiden Testdurchgängen unveränderte Dominanz eines Halbbildes besteht. Läßt man diese Ausreißer aus der weiteren Verrechnung heraus, so ergibt sich bei der Prüfung auf Normalverteilung das folgende Ergebnis (vgl. Abb. 48):

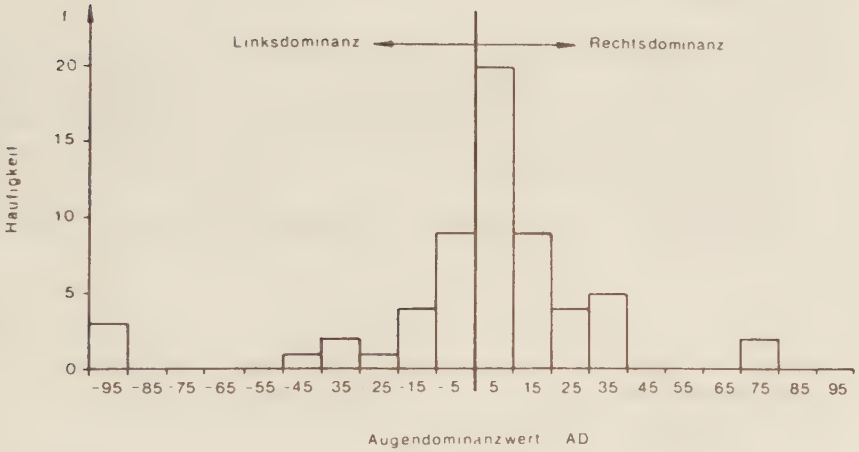


Abb. 48: Verteilung der AD-Werte des Augendominanztests ADT

Schiefe (s. 10.10.): Die empirische Verteilung ist mit S = + 0,69 schwach linksasymmetrisch. Die Abweichung von S = 0 der Normalverteilung ist bei einem t = 2,12 und FG = 12 auf dem Signifikanzniveau α = 1% nicht zu sichern (dieses von LIENERT bei der Prüfung auf Schiefe, Exzeß und Unregelmäßigkeit empfohlene Niveau wird auch im Weiteren zugrundegelegt).

Exzeß (s. 10.11.): Der Exzeß liegt bei einem E = 3,88 leicht über dem Erwartungswert von 3,0, die Verteilung ist also etwas schmalgipflig. Diese Abweichung erweist sich bei einem t = 1,36 und FG = 12 als nicht signifikant.
Unregelmäßigkeit (s.10.6.): Die Prüfung auf Unregelmäßigkeit der Verteilung ergibt ein χ^2 = 11,86. Auch dieser Wert ist be FG = 4 (gruppierte Werte) nicht signifikant.
Die Normalverteilungshypothese wird daher beibehalten. Eine Winkeltransformation, wie sie bei Prozentverteilungen im Allge meinen angezeigt ist, erweist sich als nicht notwendig.

Als Mittelwert $\bar{x}$ und als Standardabweichung s ergeben sich aus den AD-Werten der vorliegenden Stichprobe:

$$\bar{x}_{AD} = + 7,47 \qquad N = 57$$
$$s_{AD} = 20,78$$

Die Abweichung des mittleren AD-Wertes von 0 hat bei zweiseitiger Fragestellung eine Zufallswahrscheinlichkeit von weniger als 1% (t = 2,71, FG = 56 nach 10.3.). Die durchschnittliche Tendenz zur Rechtsdominanz entspricht den bisherigen Beobachtungen (s. u.).
Bei der Differenzierung nach Geschlechtern ergeben sich folgende Werte:

	$\bar{x}_{AD}$	s_{AD}	N
männliche Vpn	+ 9,70	17,79	28
weibliche Vpn	+ 5,31	23,42	29

Die Mittelwerte liegen bei einer Statistischen Sicherheit von S = 95 % und zweiseitiger Fragestellung innerhalb des Vertrauensbereiches (nach 10.4.). Ein geschlechtsspezifischer Unterschied ist daher nicht anzunehmen.
Läßt man die Richtung der Augendominanz unberücksichtigt, so ergeben sich für die absoluten Dominanzgrade die folgenden Quartile:

ob. Qu.$_{|AD|}$ = 23,0

Median $_{|AD|}$ = 10,9

unt. Qu.$_{|AD|}$ = 4,2

Im Mittel prävaliert demnach ein Halbbild gegenüber dem anderen um etwa 11% der Beobachtungszeit.

Zur Verteilung der WF-Werte:

Auch die WF-Fälle scheinen weitgehend der Normalverteilung zu folgen, wenn man die drei Werte außer Betracht läßt, die sich bei extremer Augendominanz ergeben. Dies läßt bereits Abb. 49 erkennen.

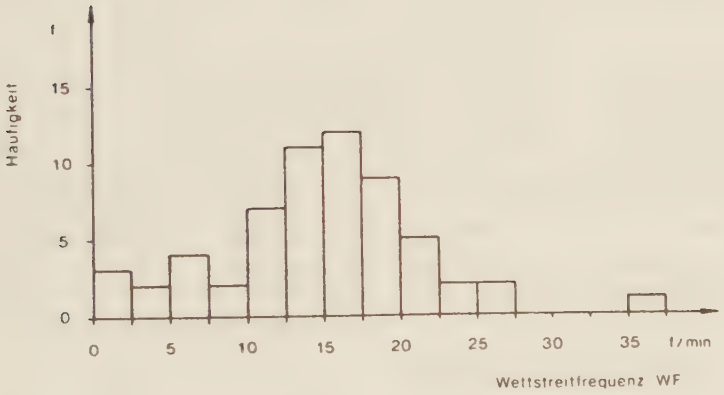


Abb. 49: Verteilung der WF-Werte des Augendominanztests ADT

Die rechnerische Überprüfung entsprechend der bei den AD-Werten ergibt:

Schiefe: Eine leichte Linksasymmetrie (S = + 0,67) erweist sich bei t = 2,05 und FG = 13 auf dem Signifikanzniveau von α = 1% als nicht gesichert.
Exzeß: Ebenso ist die Abweichung vom erwarteten Exzeß mit E = 4,61, t = 2,48 und FG = 13 nicht auf dem zugrundegelegten Niveau signifikant.
Unregelmäßigkeit: Die Verteilung der Werte ist nicht als unregelmäßig zu betrachten (χ^2 = 1,44, FG = 4, gruppierte Häufigkeiten).
Auch hier wird die Hypothese auf Normalverteilung beibehalten.

Als Mittelwert und als Standardabweichung ergeben sich für die WF-Werte:

$\bar{x}_{WF}$ = 15,29
s_{WF} = 5,80 N = 57

Nach Geschlechtern differenziert ergibt sich:

	$\bar{x}_{WF}$	s_{WF}	N
männliche Vpn	15,37	5,91	28
weibliche Vpn	15,21	5,79	29

Die Mittelwerte liegen innerhalb des Konfidenzintervalls bei einer Sicherheit von S = 95% und zweiseitiger Fragestellung. Zwischen beiden Geschlechtern besteht demnach kein Unterschied in der Wettstreitfrequenz.

9.6. Prüfung auf Reliabilität

Die Reliabilität des vorliegenden Tests wird entsprechend der Halbierungsmethode durch Korrelation der Werte des ersten Durchgangs mit denen des zweiten Durchgangs geprüft (nach LIENERT, 50). Bei Verwendung des Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN ergibt sich unter Einbeziehung aller 60 Meßwertpaare für die AD-Werte:

$r_{S_{AD}}$ = + 0,81

Dieser Zusammenhang ist bei α = 0,1 % hochsignifikant (nach

SACHS, , Tab. 103). Nach der SPEARMAN-BROWN-Formel zur Schätzung der Gesamtkonsistenz des Tests (s. 10.12.) ergibt sich mit $r_{tt_{AD}} = + 0.90$ ein noch höherer Wert.

Vergleicht man die Mittelwerte für AD aus beiden Durchgängen, so fällt eine leichte Zunahme der Rechtsdominanz auf:

	$\bar{x}_{AD}$	s_{AD}	N
1. Durchgang	+ 6,23	19,42	57
2. Durchgang	+ 8,59	24,07	57

Zunächst scheint diese Zunahme unerheblich zu sein. Zählt man aber aus, in wie vielen Fällen der AD-Wert im 2. Durchgang stärker von 0 abweicht als im ersten und in wie vielen Fällen die Abweichung geringer ist, so ergibt sich:

$\|AD\|_2 - \|AD\|_1 > 0$	$\|AD\|_2 - \|AD\|_1 = 0$	$\|AD\|_2 - \|AD\|_1 < 0$
40 x	3 x	17 x

Nach dem Vorzeichentest von DIXON & MOOD (s. 10.7.) ist bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 1$ % und einseitiger Fragestellung die Zunahme hochsignifikant. Möglicherweise handelt es sich hier um einen Pointierungseffekt, dessen Grundlage allerdings ungeklärt bleibt.

Bei entsprechender Prüfung der Korrelation der WF-Werte aus beiden Durchgängen errechnet sich

$$r_{S_{WF}} = + 0.83$$

Der Wert erweist sich ebenfalls als hochsignifikant. Die Anwendung der SPEARMAN-BROWN-Formel ergibt:

$$r_{tt_{WF}} = + 0.91$$

Die Parameter bei beiden Durchgängen sind:

	$\bar{x}_{WF}$	s_{WF}	N
1. Durchgang	15,74	6,38	57
2. Durchgang	14,90	5,83	57

Prüft man, wie häufig die Werte zwischen beiden Durchgängen zu- oder abnehmen, so ergibt sich:

$WF_2 - WF_1 > 0$	$WF_2 - WF_1 = 0$	$WF_2 - WF_1 < 0$
21 x	7 x	32 x

Nach dem Vorzeichentest von DIXON & MOOD ist die Abnahme der Wettstreitfrequenz vom ersten zum zweiten Durchgang bei $\alpha = 1\%$ und einseitiger Fragestellung statistisch nicht zu sichern. Der Tendenz nach stimmt die Beobachtung jedoch unter Berücksichtigung der gleichzeitigen Zunahme der absoluten WF-Werte mit einer allgemeinen Beobachtung überein, nämlich der des Zusammenhangs von AD- und WF-Werten.
Berechnet man den SPEARMANschen Rangkorrelationskoeffizienten für die Datenpaare aus den absoluten AD-Werten und den zugehörigen WF-Werten, so ergibt sich:

$$r_S = -0.38 \qquad N = 60$$

Die negative Korrelation erweist sich nach 10.8. mit $\hat{z} = 2{,}90$ als hochsignifikant. Abb. 50 veranschaulicht den Zusammenhang.

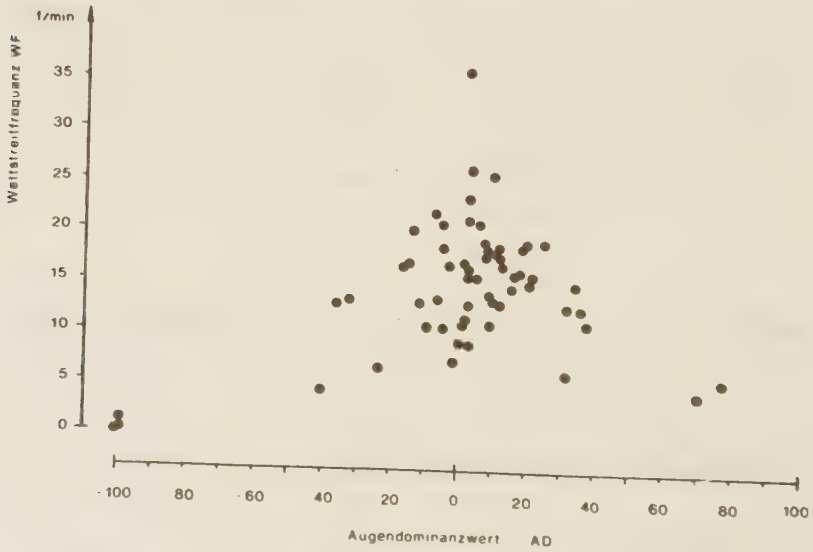


Abb. 50: Die Wettstreitfrequenz WF in Abhängigkeit von der Augendominanz AD

Es ist ohne weiteres einsehbar, daß mit absolut zunehmender Augendominanz die Wettstreitfrequenz abnimmt.

9.7. Möglichkeiten der Validierung

Der ADT setzt theoretisch im Wesentlichen nur voraus, daß die Vp sich gemäß der Versuchsanweisung verhält. Da vom Reizmaterial h keine Unterschiede in Form, Farbe oder Bewegung vorliegen, ist eine Abweichung der AD-Werte von 0 nur auf endogene Faktoren zurückzuführen. Sofern sie systematisch sind (und das drückt sich in dem hohen Reliabilitätskoeffizienten aus), spricht nichts dagegen, sie im Sinne einer funktionellen Asymmetrie des visuellen Systems zu interpretieren.
Die Validierung des AD-Wertes an anderen Lateralitätstests ist eine noch anstehende Aufgabe. Einen positiven Hinweis gibt der Vergleich der Relationen zwischen Rechts- und Linksdominanten. In der Stichprobe des ADT finden sich 31,6% Linksdominante und 66,7% Rechtsdominante. MILES (zit. in 45) findet mit seinem relativ groben Farbfilterverfahren 30 bis 34% Linksd. und 64 bis 6' % Rechtsd., HILLEMANNS findet ein Verhältnis von 25% zu 60%, KÜCHLE & REMKY gelangen zu einer Relation von 33% zu 67% unter den Fällen beobachteter Dominanz. Allerdings berichten diese beiden Autoren, daß bei ca. 90% ihrer Vpn keine Dominanz vorgelegen habe; bei HILLEMANNS sind es 15% unentscheidbare Fälle, MILES notiert zwischen 2 und 5%.
Diese Vergleichszahlen spiegeln vermutlich eher die Trennschärfe der Methoden wider als tatsächliche Dominanzverhältnisse (was z.B. KÜCHLE & REMKY übersehen). Angesichts der Werteverteilung im ADT muß angenommen werden, daß Wettstreitdominanz nicht als Alternativmerkmal aufgefaßt werden darf. Vielmehr ist wahrscheinlich, daß sie ein Merkmal von annähernd normalverteiltem Ausprägungsgrad darstellt, das im Mittel einer leichten Rechtsdominanz entspricht.
Bei Validierungen an anderen Tests wird besonders zu berücksichtigen sein, daß es "Äugigkeit" in sehr verschiedenen Hinsichten gibt, die nicht notwendig miteinander korrelieren (s. WALLS, 73 , ULLMANN, 72).

Problematischer als der Wert AD ist das Maß für die Wettstreitfrequenz WF. Es hängt wesentlich ab von der Fähigkeit und der Bereitschaft, raschen Wechseln im Erscheinungsbild motorisch zu folgen. Möglicherweise erklärt sich hieraus die besonders starke Streuung der WF-Werte im Bereich ausgeglichener Dominanz (s. Abb. 49). Der Wert AD wird von diesem Problem kaum berührt, da in die Formel zu seiner Berechnung gemäß 9.4. Zeiten gleichgewichtigen Wettstreits und Zeiten gleichgewichtiger Mischbilder gleichwertig eingehen.

9.8. Zusammenfassung zum ADT

Ein Test wird vorgestellt, der die Wettstreitdominanz der Augen in Richtung und Ausprägungsgrad messen soll. Eine vorläufige Standardisierung erbringt u.a., daß die Wettstreitdominanz als annähernd normalverteiltes Merkmal aufzufassen ist. Im Durchschnitt herrscht das Halbbild des rechten Auges im Sammelbild gegenüber dem des linken Auges um etwa 7,5 % der Beobachtungszeit vor. Die Prüfung auf Reliabilität erbringt nach der Halbierungsmethode sehr günstige Werte. Ein Vergleich mit Äugigkeitstests, die z. T. andere Arten von Lateralität erfassen, steht noch aus.

10. Verwendete statistische Verfahren

10.1. t-Test für korrelierte Stichproben (nach 65 , S. 309)

$$t = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}} = \frac{(\Sigma d_i) / n}{\sqrt{\frac{\Sigma d_i^2 - (\Sigma d_i)^2/n}{n(n-1)}}}$$

Prüftafel: Tab. 27 in 65.

10.2. t-Test für unabhängige Stichproben (nach 65 , S. 266)

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\left(\frac{n_1+n_2}{n_1 n_2}\right) \cdot \left(\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\right)}}$$

im Fall gleicher Stichprobenumfänge

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{n}}}$$

Prüftafel: Tab. 27 in 65.

10.3. t-Test für den Vergleich eines empirischen Mittelwertes mit einem vorgegebenen Mittelwert (nach 65 , S. 257)

$$t = \frac{|\bar{x} - \mu_o|}{s} \times \sqrt{n}$$

Prüftafel: Tab. 27 in 65.

10.4. Vertrauensbereich für die Differenz zweier Mittelwerte
(nach 65 , S. 267)

$$(\bar{x}_1-\bar{x}_2) - t_{n_1+n_2-2;\ \alpha/2} \times s\sqrt{1/n_1+1/n_2} < \mu_1-\mu_2 <$$
$$(\bar{x}_1-\bar{x}_2) + t_{n_1+n_2-2;\ \alpha/2} \times s\sqrt{1/n_1+1/n_2}$$

10.5. Prüfung der Gleichheit zweier Varianzen auf Homogenität
(nach 65 , S. 262)

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Prüftabelle: Tab. 30 in 65.

10.6. χ^2-Test für die Güte der Anpassung

$$\chi^2 = \frac{(O - E)^2}{E} \qquad \text{alle k Klassen}$$

Prüftafeln: Tab. 28 und 28a in 65.

10.7. Vorzeichentest zur Schätzung der zentralen Tendenz zweier abhängiger Stichproben nach DIXON & MOOD

Prüftafel: Tab. 69 in 65.

10.8. Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN
(nach 65 , S. 390)

$$r_S = 1 - \frac{6\Sigma D^2}{n(n^2 - 1)} \qquad \text{Prüfwert } \hat{z} = |r_S| \cdot \sqrt{n-1}$$

Prüftafeln: Tab. 13 und 103 in 65.

10.9. Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN bei Bindungen (nach 65 , S. 393)

$$r^{+}_{S} = 1 - \frac{6\Sigma D^2}{(n^3-n) - (T_{x'}+T_{y'})}$$

$$T_{x'} = 1/2 \cdot \Sigma(t_{x'}^3 - t_{x'})$$

$$T_{y'} = 1/2 \cdot \Sigma(t_{y'}^3 - t_{y'})$$

Prüftabelle : Tab. 103 in 65.

10.10. Test auf Schiefe der Verteilung (nach 50 , S. 172)

$$S = \frac{\Sigma x^3}{N s_x^3} \qquad s_S = \sqrt{\frac{6}{N}} \qquad t = \frac{S}{s_S}$$

Prüftafel: Tab. 27 in 50.

10.11. Test auf Exzeß der Verteilung (nach 50 , S. 173)

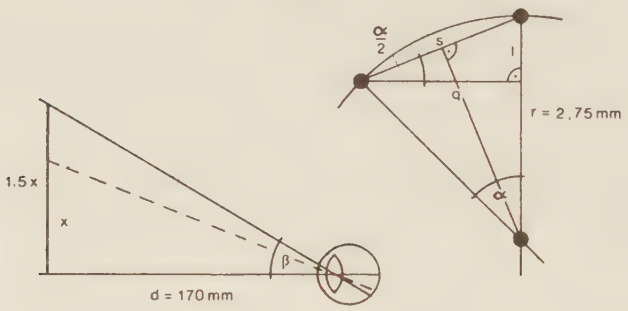
$$E = \frac{\Sigma x^4}{N s_x^4} \qquad s_E = 2\sqrt{\frac{6}{N}} \qquad t = \frac{E-3}{s_E}$$

Prüftafel: Tab. 27 in 50.

10.12. Schätzung der Konsistenz eines ganzen Tests aufgrund seiner Hälften nach SPEARMAN & BROWN (50 , S. 221)

$$r_{tt} = \frac{2 \cdot r_{12}}{1 + r_{12}}$$

10.13. Zur Berechnung von Quer- und Längsdisparation in den PD-Experimenten (s. unter 6.)



$$q = s \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \qquad l = s \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \qquad s = 2r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$q = 2r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \underline{\underline{r \cdot \sin \alpha}} \quad \text{(mm)}$$

$$l = 2r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = \underline{\underline{2r \cdot \sin^2 \alpha/2}} \quad \text{(mm)}$$

$$\text{tg } \beta = \frac{x \cdot v}{d}$$

$$q' = \text{tg } \beta_q = \underline{\underline{\frac{v \cdot r \cdot \sin \alpha}{d}}} \quad \text{(Bogenmaß)}$$

$$l' = \text{tg } \beta_l = \underline{\underline{\frac{2v \cdot r \cdot \sin \alpha/2}{d}}} \quad \text{(Bogenmaß)}$$

Legende:

α = Drehwinkel am Stereoskop
β = Winkelgröße beobachteter Objekte
d = Abstand Auge-Objekt (170 mm)
l = Längsdisparation in mm
l' = Längsdisparation in Bogenmaß
q = Querdisparation in mm
q' = Querdisparation in Bogenmaß
r = Abstand zwischen den Mittelpunkten von oberer und mittlerer Figur in den Vorlagen zu PD-1 bis PD-4 (2,75 mm)
s = Schrägdisparation in mm
v = Vergrößerungsfaktor der stereoskopischen Optik (1,5:1)
x = Objektgröße oder -abstand.

11. Literaturverzeichnis

1. ARNHEIM, R.: Kunst und Sehen, Berlin (de Gruyter) 1965
2. ASHER, H.: Suppression Theory of Binocular Vision, Brit. J. Ophthal. 37 (1953) 37-49
3. BARLOW, H.B., BLAKEMORE, C., PETTIGREW, J.D.: The Neural Mechanism of Binocular Depth Discrimination, J. Physiol. 193 (1967) 327-342
4. BISCHOF, N.: Psychophysik der Raumwahrnehmung, in: W. METZGER (Hrsg.): Hdb. d. Psychol. Bd. 1,1 Göttingen (Hogrefe) 1966, 307-408
5. BISHOP, P.O.: Neurophysiology of Binocular Single Vision and Stereopsis, in: AUTRUM, JUNG a. o. (Eds.): Hdb. of Sensory Physiology, Vol. III, 3A, Berlin (Springer) 1973
6. BLAKEMORE, C.: Binocular Depth Perception and the Optic Chiasm,Vis.Res. 10 (1970) 43-47
7. BLOUGH, F. W.: Stereoscopic Vision in the Macaque Monkey Nature 225 (1970) 42-44
8. BORN, M.: Vorwort zu W. FUCHS: Knaurs Buch der modernen Physik, München (Droemer) 1965
9. CRABUS, H., STADLER, M.: Über Wahrnehmungsprozesse in den Koordinaten der Netzhaut und des anschaulichen Raumes. Eine Untersuchung der Richtungskonstanz mittels figuraler Nachwirkungen, Psychol. Forschg. 34 (1971) 325-342
10. DODWELL, D.C., ENGEL, G.R.: A Theory of Binocular Fusion Nature 198 (1963 IV) 39 f.
11. FEIGL, H.: Leib-Seele, kein Scheinproblem, in: GADAMER, H.G., VOGLER, P. (Hrsg.): Psychologische Anthropologie, Stuttgart (Thieme) 1973, 3-14
12. FILLENZ, Mar.: Binocular Interaction in the Lateral Geniculate Body of the Cat, in JUNG, R., KORNHUBER, H. (Hrsg.): Neurophysiologie und Psychophysik des visuellen Systems, Berlin 1961

13. FIORENTINI, A., MAFFEI, L.: Electrophysiological Evidence for Binocular Disparity Detectors in Human Visual System, Science, 169 (1970) 208-209

14. GLEES, P.: Terminal Degeneration and Transsynaptic Atrophy in the Lateral Geniculate Body of the Monkey, in: JUNG, R. KORNHUBER, H. (Hrsg.): Neurophysiologie und Psychophysik des visuellen Systems, Berlin 1961, 104-110

15. GRÜSSER-CORNEHLS, U., GRÜSSER, O.-J.: Reaktionsmuster der Neurone im zentralen visuellen System von Fischen, Kaninchen und Katzen auf monoculare und binoculare Lichtreize, in: JUNG, R., KORNHUBER, H. (Hrsg.): Neurophysiologie und Psychophysik des visuellen Systems, Berlin 1961, 275-285

16. GUILLERY, R.W.: Visual Pathways in Albinos, Sci. Amer. 230 (1974) 5, 44-54

17. HAMBURGER, F.A.: Der Wettstreit und seine Rolle im Binokularsehen, Klin. Mbl. Augenheilk. 115 (1949) 289-319

18. HANSEN, H.-P.: Weitere Untersuchungen zum WITTE-KÖNIG-Phänomen, Zul.arb. z. Dipl.Vorpr. f. Psych., Münster 1970

19. HARTLINE, H. K.: The Response of Single Optic Nerve Fibres of the Vertebrate Eye to Illumination of the Retina, Amer. J. Physiol. 121 (1938) 400-415

20. HARTLINE, H. K.: The Receptive Fields of the Optic Nerve Fibres, Amer. J. Physiol. 130 (1940) 690-699

21. HEISENBERG, W.: Der Teil und das Ganze, München (Piper) 1969

22. HELSON, H., WILKINSON, A.E.: A Study of the WITTE-KÖNIG Paradoxical Fusion Effect, Amer. J. Psychol. 71 (1958) 316 f

23. HENSCHEN, S. E.: Die Vertretung beider Augen in der Sehbahn und in der Sehrinde, v. Graefes Arch. Ophthal. 117 (1926) 419-459

24. HERING, E.: Zur Lehre vom Ortssinne der Netzhaut Leipzig 1861

25. HILLEMANNS, M.: Das Problem der Äugigkeit, Klin. Mbl. Augenheilk. 117 (1950) 69-80

26. HOCHBERG, J.: On the Conditions of Stereopsis - Suppression Science 146 (1964) 800

27. HOCHBERG, J.: Depth Perception Loss with Local Monocular Suppression: A Problem in the Explanation of Stereopsis, Science 145 (1964) 1334-1336

28. HOLST, E. v.: Aktive Leistungen der menschlichen Gesichtswahrnehmung (1957), in: HOLST, E. v.: Zur Verhaltensphysiologie bei Tieren und Menschen, München (Piper) 1969

29. HOLZKAMP, K.: Zum Problem der Beziehung zwischen anschaulicher Größe und anschaulicher Entfernung, Z. exp. ang. Psych. 13 (1966) 39-72

30. HUBEL, D. H., WIESEL, T. N.: Receptive Fields of Single Neurons in the Cat's Striate Cortex, J. Physiol. 148 (1959) 574-591

31. HUBEL, D. H., WIESEL, T. N.: Receptive Fields, Binocular Interaction and Functional Architecture in the Cat's Visual Cortex, J. Physiol. 160 (1962) 106-154

32. HUBEL, D. H., WIESEL, T. N.: Cells Sensitive to Binocular Depth in Area 18 of the Macaque Monkey Cortex, Nature 225, (1970) 41-42

33. JULESZ, B.: Binocular Depth Perception without Familiarity Cues, Science 145 (1964) 356-362

34. JULESZ, B., WHITE, B. W.: Short Term Memory and the PULFRICH Phenomenon, Nature 222 (1969) 639-641

35. JUNG, R.: Korrelationen von Neuronentätigkeit und Sehen, in JUNG, R., KORNHUBER, H. (Hrsg.): Neurophysiologie und Psychophysik des visuellen Systems, Berlin 1961, 410-429

36. KAUFMAN, L.: On the Spread of Suppression and Binocular Rivalry, Vis. Res. 3 (1963) 401-415

37. KAUFMAN, L.: Suppression and Fusion in Viewing Complex Stereograms, Amer. J. Psychol. 77 (1964), 2, 193-205

38. KAUFMAN, L.: On the Nature of Binocular Disparity, Amer. J. Psychol. 77 (1964) 3, 393-402

39. KAUFMAN, L., BACON, J., BARROSO, F.: Stereopsis without Image Segregation, Vis. Res. 13 (1973) 137-147

40. KEIDEL, W. D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie, Stuttgart (Thieme) 1975, 4. Aufl.

41. KOBBERT, M.: Lückenphänomen, Stw. in: DORSCH, F. (Hrsg.), Psychologisches Wörterbuch, Hamburg (Meiner), 9. Aufl. (im Druck)

42. KOFFKA, K.: Principles of Gestalt Psychology London 1935

43. KÖHLER, W.: Dynamics in Psychology, New York 1940

44. KÖNIG, E.: Experimentelle Beiträge zur Theorie des binokularen Einfach- und Tiefensehens Psychologia Universalis Bd. 4, 1962

45. KÜCHLE, H. J., REMKY, H.: Über monoculare Dominanz (Äugigkeit); alte und neue (haploskopische) Methoden zu ihrem Nachweis und deren Wert für die Beurteilung, v. Graefes Arch. Ophthal. 152 (1951/52) 62-88

46. KURODA, G.: Zur Grenzbestimmung der binokularen Phänomene, Psychol. Fschg. 6 (1925) 282-297

47. LEVELT, W. J. M.: On Binocular Rivalry, den Haag (Inst. f. Perc. RVO-TNO ed.) 1965

48. LEVELT, W. J. M.: Some Demonstrations of the Complementary Functioning of the Eyes, Perc. & Psychophys. 1 (1965) 39 f.

49. LEWIN, R.: Seeing with a Blind Eye, New Scientist 26 (1975) 696-697

50. LIENERT, G. A.: Testaufbau und Testanalyse, Weinheim (Beltz) 1961

51. LINSCHOTEN, J.: Strukturanalyse der binokularen Tiefenwahrnehmung, Groningen (Wolters) 1956

52. LURIA, A. R.: Die höheren kortikalen Funktionen des Menschen und ihre Störungen bei örtlichen Hirnschädigungen, Berlin (VEB) 1970

53. METZGER, W.: Zum gegenwärtigen Stande der Psychophysik, Stud. Gen. 3 (1950) 261-270

54. METZGER, W.: Gesetze des Sehens, Frankfurt (Kramer) 1953, 2. Aufl.

55. MILES, W.: Ocular Dominance - Methods and Results, Psychol. Bull. 25 (1928) 155-156

56. MITCHELL, D. E., BAKER, A. G.: Stereoscopic Aftereffects: Evidence for Disparity-Specific Neurones in the Human Visual System, Vis. Res. 13 (1973) 2273-2288

57. MITCHELL, D. E., BLAKEMORE, C.: Binocular Depth Perception and the Corpus Callosum, Vis. Res. 10 (1970) 49-54

58. NIKARA, T., BISHOP, P. O., PETTIGREW, J. D.: Analysis of Retinal Correspondence by Studying Receptive Fields of Binocular Single Units in Cat Striate Cortex, Exptl. Brain Res. 6 (1968) 353-372

59. PICKERSGILL, M.: On Knowing with which Eye One is Seeing, Quart. J. exp. Psychol. 11 (1961) 168-172

60. RAL, Deutscher Normenausschuß (Hrsg.): Farbtafel RAL F 1 zum RAL-Register 840 HR, Göttingen (Musterschmidt)

61. RAMACHANDRAN, V. S., RAO, SRIRAM, VIDYSAGAR: The Role of Colour Perception and "Pattern" Recognition in Stereopsis, Vis. Res. 13 (1973) 505-509

62. REENPÄÄ, Y.: Über das Körper-Seele-Problem, in: GADAMER, H. G., VOGLER, P. (Hrsg.): Psychologische Anthropologie, Stuttgart (Thieme) 1973

63. REFAN, D., SPEKREIJSE, H.: Electrophysiological Correlate of Binocular Depth Perception in Man, Nature 225 (1970) 92-9

64. RUBIN, E.: Visuell wahrgenommene Figuren, Kopenhagen 1921

65. SACHS, L.: Statistische Auswertungsmethoden Berlin (Springer) 1969

66. SINDERMANN, F., LÜDDEKE, H.: Monocular Analogues to Binocular Contour Rivalry, Vis. Res. 12 (1972) 763-772

67. SPEKREIJSE, H., TWEEL, L. H. v.d., REGAN, D.: Interocular Sustained Suppression: Correlations with Evoced Potentials Amplitude and Distribution, Vis. Res. 12 (1972) 521-526

68. SZILY, A. v.: Stereoskopische Versuche mit Schattenrissen, v. Graefes Arch. Ophthal. 105 (1921) 964-972

69. TAUSCH, R.: Die beidäugige Raumwahrnehmung, Z. exp. angew. Psychol. 1 (1953) 394-421

70. THOMAS, F. H., DIMMICK, F. L., LURIA, S. M.: A Study of Binocular Color Mixture, Vis. Res. 1 (1961) 108-120

71. TREVARTHEN, C.: Experimental Evidence for a Brain-Stem Contribution to Visual Perception in Man, Brain Behav. Evol. 3 (1970) 338-352

72. ULLMANN, J. F.: Psychologie der Lateralität, Bern (Huber) 1974

73. WALLS, G. L.: A Theory of Ocular Dominance, Arch. Ophthal., Cicago 45 (1951) 387-412

74. WASHBURN, M. F.: Retinal Rivalry as a Neglected Factor in Stereopic Vision, Proc. Nat. Acad. Sci. Washington 19 (1933) 773 ff.

75. WASHBURN, M. F., FAISON, C., SCOTT, R.: A Comparison between the MILES A-B-C method and Retinal Rivalry as Test of Ocular Dominance, Amer. J. Psychol. 46 (1934) 633-636

76. WILDE, K.: Der Punktreiheneffekt und die Rolle der binocularen Querdisparation beim Tiefensehen, Psychol. Forschg. 23 (1949/51) 223-262

77. WITTE, W.: Zur Wissenschaftsstruktur der psychologischen Optik, Psychol. Beitr. IV (1962) 451-461

78. ZAJAC, J. L.: Stereoscopic Depth Phenomena with WITTE-KÖNIG Effect, J. Psychol. 54,1 (1962) 153-157

12. Tabellen

Tab. 1: VR-1, Einzelergebnisse

Vp	G	AD	WF	Teilversuch 1.	2.	3.	4.	DD	D
BA	w	+11,6	25,5	r	r	r	r	0	4
DU	m	+ 8,7	15,8	d	d	d	d	0	0
ES	w	+ 3,1	15,5	d	d	d	d	0	0
FH	w	- 4,4	18,3	r	r	r	r	0	4
FK	w	+16,7	14,5	r	d	r	d	2	2
GC	m	- 5,5	13,3	d	d	w	d	0	0
GE	m	+ 8,9	18,5	r	r	r	r	0	4
GI	m	+11,8	13,0	w	d	d	d	0	0
GO	w	-23,8	6,3	r	r	w	d	0	2
HL	w	+11,1	18,0	r	r	r	r	0	4
HO	m	+ 1,3	11,0	r	r	r	r	0	4
HP	w	+78,1	5,3	r	w	r	w	2	2
JA	w	-100,0	0,0	v	r	v	r	4	0
LA	m	+13,5	16,8	r	d	r	d	2	2
LU	m	+10,0	13,8	r	r	r	r	0	4
NE	w	+ 6,0	20,8	d	r	d	r	-2	2
PO	m	-100,0	0,0	v	r	v	r	4	0
RI	w	+32,2	12,8	r	w	r	w	2	2
SI	m	+12,5	18,3	r	r	r	r	0	4
SO	w	- 9,3	10,3	d	d	d	d	0	0
ST	m	-13,1	20,0	d	d	d	d	0	0
UR	w	+ 3,6	16,3	r	r	r	r	0	4
WE	w	+ 3,6	21,0	d	d	d	d	0	0
WL	w	+ 8,4	24,0	d	d	d	d	0	0
WS	w	-32,4	14,3	d	r	d	r	2	2

Legende:

Vp = Versuchsperson
G = Geschlecht
AD = Augendominanzwert aus dem ADT
WF = Wettstreitfrequenz aus d. ADT
DD = Maßzahl f. d. Augendominanzeffekt
D = Maßzahl f. d. Halbbildprävalenz
r,d,w,v = Farburteile zum Ringinnern
R,D,W,V = Farburteile zum Ring
(+)(=)(-)= Tiefenurteile
im Übrigen s. unter 4.4.2.

Tab. 2: VR-2 und VR-3, Einzelergebnisse

Vp	VR-2						VR-3, Infeld						VR-3, Ring					
	Teilversuch				DD	D	Teilversuch				DD	D	Teilversuch				DD	D
	1.	2.	3.	4.			1.	2.	3.	4.			1.	2.	3.	4.		
BA	r+	r+	r+	r+	0	4	w	w	d	r	-1	1	W	W	D	D	1	0
DU	d+	d+	d+	w+	0	0	w	w	d	d	0	0	W	W	D	D	0	0
ES	r+	r+	r+	d+	-1	3	w	w	d	d	0	0	W	W	D	D	0	0
FH	r+	r+	r+	r+	0	4	w	w	d	d	0	0	W	W	D	D	0	0
FK	d-	r+	d+	d+	1	1	w	w	d	d	0	0	W	W	D	D	0	0
GC	d+	d+	d+	d+	0	0	d	d	r	r	0	2	D	D	D	D	0	0
GE	r+	r+	r+	r+	0	4	r	w	r	r	1	3	D	W	D	D	0	0
GI	d+	d+	d+	d+	0	0	w	w	d	d	0	0	W	W	D	D	0	0
GO	r+	w+	r+	w+	2	2	w	r	w	r	2	2	W	R	W	R	2	2
HL	r+	r+	r+	r+	0	4	r	r	r	r	0	4	R	D	R	D	2	2
HO	d+	r+	r+	r+	1	3	r	r	r	r	0	4	D	D	D	D	0	0
HP	w+	r+	w+	r+	2	2	d	v	d	w	1	-1	D	V	D	W	1	-1
JA	r+	w+	r+	w+	2	2	w	r	w	r	2	2	W	R	W	R	2	2
LA	d+	d+	d+	d+	0	0	w	w	r	d	1	1	W	W	D	D	0	0
LU	r+	r+	r-	r+	0	4	r	r	r	r	0	4	D	D	D	D	0	0
NE	r+	r+	w+	r+	1	3	w	w	w	r	-1	1	W	W	W	R	-1	1
PO	r+	v+	r+	v+	4	0	v	d	v	d	2	-2	V	D	V	D	2	-2
RI	w=	r+	w+	r+	2	2	w	w	r	w	1	1	W	W	R	W	1	1
SI	d+	d+	w+	d+	0	0	d	r	r	w	0	2	D	D	D	D	0	0
SO	d+	d+	d+	d+	0	0	d	d	r	r	0	2	D	D	D	D	0	0
ST	d=	r+	r+	r+	-1	3	w	r	d	r	2	2	W	D	D	D	0	0
UR	r+	r+	r+	r+	0	4	w	w	r	r	0	2	W	W	D	D	0	0
WE	d+	r+	d+	r+	2	2	d	d	d	d	0	0	D	D	D	D	0	0
WL	d+	d+	d+	d+	0	0	w	w	r	r	2	0	W	W	D	D	0	0
WS	r+	r+	r+	d+	1	3	d	d	d	d	0	0	D	D	D	D	0	0

Legende s. Tab. 1

Tab. 3: VR-4, VR-5 und VR-6, Einzelergebnisse

Vp	VR-4						VR-5						VR-6									
	Teilversuch				DD	D	Teilversuch				DD	D	Teilversuch								DD	D
	1.	2.	3.	4.			1.	2.	3.	4.			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		
BA	W	W	D	D	0	0	R	R	R	R	1	3	D+	W+	W+	D+	D+	D+	D+	D+	0	0
DU	W	W	D	R	-1	1	W	W	D	W	0	0	W+	W+	W+	W+	D+	D+	W+	W+	0	0
ES	W	W	D	D	0	0	W	W	D	W	0	0	W+	W+	W+	W+	D+	D+	D+	D+	0	0
FH	D	D	D	D	0	0	D	D	D	D	0	0	W+	W+	W+	W+	D+	D+	D+	D+	0	0
FK	D	W	D	D	0	0	D	D	D	D	0	0	W+	W+	W+	W+	D+	D+	R+	D+	1	1
GC	R	R	R	R	0	4	R	R	R	R	0	4	D+	D+	D+	D+	D+	D+	D+	D+	0	0
GE	D	D	R	R	0	2	W	W	R	R	0	2	R+	D+	W+	D+	R+	R+	R+	R+	-1	5
GI	W	W	D	D	0	0	W	W	D	W	0	0	W+	W+	W+	W+	D+	D+	W+	D+	0	0
GO	W	D	W	D	0	0	W	D	W	D	0	0	D+	W+	D+	W+	W+	D+	D+	R+	1	1
HL	D	D	D	D	0	0	D	D	D	D	0	0	D+	D+	D+	L+	D+	D-	D+	D+	0	0
HO	D	D	D	D	0	0	D	D	D	D	0	0	D+	D+	D+	D+	D+	D+	D+	D+	0	0
HP	D	W	D	W	0	0	D	W	D	W	0	0	W+	D+	W+	W+	D+	W+	R+	W+	1	1
JA	V	R	W	R	3	1	R	D	D	D	-1	1	D+	D+	D+	D+	W-	R+	D+	R+	2	2
LA	D	D	R	R	0	2	D	D	R	D	1	1	W+	W+	W+	W=	D+	D+	R+	D+	1	1
LU	D	D	D	D	0	0	W	D	D	D	0	0	D+	D+	D+	D+	D-	D+	D+	D-	0	0
NE	W	W	D	D	0	0	W	W	D	D	0	0	W+	W+	W+	W+	D+	D+	D+	D+	0	0
PO	V	D	V	R	3	-1	V	R	V	R	4	0	R+	V+	R+	V+	V+	R+	V+	D+	7	-1
RI	W	W	D	W	0	0	R	W	R	W	2	2	W+	D+	W+	D-	D+	W+	R=	W+	1	1
SI	D	D	D	D	0	0	W	W	D	R	-1	1	D+	D+	D+	D+	D+	D+	R+	R+	0	2
SO	R	R	R	R	0	4	R	R	R	R	0	4	D+	D+	D+	D+	D+	D+	R+	R+	0	2
ST	R	D	D	D	-1	1	R	D	R	D	-2	2	D-	D+	D+	D+	D-	D+	D-	R+	1	1
UR	W	D	R	D	1	1	D	D	D	D	0	0	W+	W+	W+	D+	D+	D+	D+	D+	0	0
WE	R	D	R	D	2	2	W	W	D	D	0	0	D+	D+	D+	D+	D+	D+	D+	D+	0	0
WL	W	W	D	D	0	0	W	W	D	D	0	0	W+	W+	W+	W+	D+	D+	D+	D+	0	0
WS	D	D	D	D	0	0	W	W	D	R	1	1	D+	W+	D+	W+	D+	D+	R+	D+	-1	1

Legende s. Tab. 1

Tab. 23: PW-1, PW-2 und PW-3, Einzelergebnisse zur Tiefenbeurteilung

VP	G	ADT AD	ADT WF	PW-1 (A) T_+	PW-1 (A) $T_=$	PW-1 (A) T_-	PW-1 (B) T_+	PW-1 (B) $T_=$	PW-1 (B) T_-	PW-2 (A) T_+	PW-2 (A) $T_=$	PW-2 (A) T_-	PW-2 (B) T_+	PW-2 (B) $T_=$	PW-2 (B) T_-	PW-3 (A) T_+	PW-3 (A) $T_=$	PW-3 (A) T_-	PW-3 (B) T_+	PW-3 (B) $T_=$	PW-3 (B) T_-
BA	w	+ 11,6	25,5	9	1	0	10	0	0	2	8	0	4	5	1	4	3	3	9	1	0
BE	m	+ 4,2	12,8	6	1	3	6	2	2	1	3	6	5	5	0	4	2	4	7	1	2
BR	m	+ 2,4	11,3	8	1	1	7	3	0	8	1	1	3	5	2	8	1	1	7	1	2
DU	w	+ 8,7	15,8	5	3	2	7	2	1	4	4	2	5	3	2	9	1	0	7	1	2
DE	w	+ 2,9	23,3	8	0	2	4	3	3	3	2	5	2	5	3	7	2	1	4	5	1
ES	m	+ 3,1	15,5	9	0	1	6	0	4	5	0	5	4	0	6	9	0	1	7	0	3
FE	w	+ 39,1	11,0	10	0	0	10	0	0	8	2	0	7	3	0	10	0	0*	10	0	0
FK	w	+ 16,7	14,5	6	2	2	7	1	2	5	3	2	3	4	3	9	1	0	7	1	2
FH	w	- 4,4	18,3	7	2	1	8	0	2	2	6	2	3	4	3	8	1	1	9	1	0
GE	m	+ 8,9	18,5	8	0	2	10	0	0	5	2	3	6	4	0	6	0	4	9	0	1
GI	m	+ 11,8	13,0	9	1	0	6	2	2	1	6	3	5	2	3	10	0	0	7	1	2
HE	m	- 4,2	10,3	10	0	0	10	0	0	3	6	1	8	2	0	8	2	0	10	0	0
HP	w	+ 78,1	5,3	3	4	3	2	6	2	1	7	2	4	4	2	3	5	2**	5	1	4
LU	m	+ 10,0	13,8	7	2	1	9	1	0	2	6	2	3	3	4	7	3	0	6	3	1
NI	w	+ 3,8	8,8	8	2	0	9	1	0	6	4	0	2	8	0	9	1	0	7	3	0
OL	w	+ 18,2	16,0	3	4	3	7	2	1	3	3	4	5	5	0	3	5	2	7	2	1
RI	w	+ 32,2	12,8	4	4	2	4	2	4	0	10	0	2	6	2	8	2	0*	5	3	2
SI	m	+ 12,5	18,3	8	0	2	8	2	0	6	2	2	8	1	1	8	2	0	8	1	1
SO	w	- 9,3	10,3	10	0	0	10	0	0	6	0	4	7	1	2	10	0	0	10	0	0*
SP	m	+ 22,2	15,5	9	0	1	5	5	0	4	5	1	7	2	1	6	4	0	8	1	1
WE	w	+ 3,6	21,0	9	0	1	10	0	0	2	7	1	4	5	1	8	0	2	10	0	0
WI	w	- 32,4	13,1	8	1	1	9	1	0	4	1	5	5	1	4	6	4	0	8	1	1

(A): Beide Punkte im linken Halbbild
(B): " " " rechten "

*) Helligkeitswechsel im Lückeninnern
**) Gelegentliche Schließung der Lücke

Im Übrigen s. unter 4.4.5.

VP	G	PE - 1									PE - 3								
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	x_i	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	x_i
MS	m	10.0	10.5	9.5	10.5	8.5	11.5	12.5	8.5	10.19	9.5	10.5	11.5	9.0	11.5	10.0	9.0	12.5	10.44
HF	m	9.5	10.5	10.5	8.5	9.0	10.5	10.5	9.5	9.81	8.5	13.0	12.0	8.5	10.5	9.5	10.0	11.0	10.38
MV	m	12.0	9.0	9.5	10.5	10.5	10.0	9.0	11.5	10.25	9.5	12.0	11.0	9.0	9.0	11.5	10.5	12.5	10.50
KI	m	11.5	8.0	8.5	10.5	8.0	10.5	12.5	8.5	9.75	10.5	10.5	11.0	10.0	11.5	9.5	9.5	12.0	10.56
CF	w	10.0	10.5	10.0	10.0	11.0	9.5	10.0	10.5	10.19	12.0	9.5	11.5	9.5	11.0	9.5	9.5	12.5	10.75
RE	w	10.0	9.5	9.0	10.5	9.0	10.5	10.0	10.0	9.81	10.0	10.5	11.0	11.5	13.0	8.5	9.0	12.0	10.69
FD	w	10.5	8.0	8.5	11.0	10.5	11.0	9.5	9.5	9.83	9.5	11.5	12.0	8.5	12.5	8.5	8.0	12.5	10.31
JG	w	11.0	8.0	8.0	11.5	11.0	10.5	9.5	9.5	9.88	10.0	11.0	12.5	8.5	13.0	9.0	8.5	12.5	10.63
SI	m	11.0	8.5	10.0	10.0	9.0	12.0	10.0	10.0	10.06	9.0	12.0	10.5	9.5	12.5	9.0	9.0	11.5	10.38
MF	w	6.0	13.0	10.0	11.0	11.0	9.0	13.0	5.5	9.81	9.5	10.0	14.0	6.0	10.5	11.0	10.0	10.5	10.19

Es bedeuten
(vgl. Abb. 21 bis 24):

Messung	linkes Halbbild	rechtes Halbbild	Punkt (Ring) 2 versetzt nach	Einzustellen Punkt (Ring)
1.	a	b	links	4
2.	a	b	links	6
3.	a	b	rechts	4
4.	a	b	rechts	6
5.	b	a	links	4
6.	b	a	links	6
7.	b	a	rechts	4
8.	b	a	rechts	6

Tab. 30 : Meßdaten aus den Experimenten PD -2 und PD - 4 (Konstellation des PANUM-Effekts)

VP	G	PE - 2									PE - 4								
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	x_i	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	x_i
FH	w	10.5	10.0	8.5	10.5	6.0	15.5	13.5	6.0	9.94	10.0	10.5	9.0	12.0	12.5	8.0	12.5	9.0	10.44
HD	w	9.0	6.5	8.5	14.5	6.5	10.0	14.5	11.5	10.13	8.5	12.0	11.5	9.5	10.0	10.5	15.0	10.5	10.94
ED	m	13.0	7.0	5.0	11.5	6.5	14.0	14.5	5.0	9.56	6.5	13.0	10.5	9.5	9.5	8.5	9.0	10.0	9.56
SF	w	13.0	5.5	8.0	13.5	12.0	8.0	11.5	8.0	9.94	9.5	11.5	10.5	9.0	13.0	8.0	7.5	13.0	10.25
EH	m	10.5	8.0	8.0	12.5	6.0	14.0	13.0	7.5	9.94	12.0	9.0	12.5	9.0	11.5	10.0	10.0	11.5	10.69
PD	m	13.0	8.0	6.0	12.0	5.5	13.0	13.5	7.0	9.75	8.5	12.0	11.5	9.0	11.5	9.0	9.5	12.5	10.44
GE	m	13.0	6.5	6.5	12.5	7.0	13.0	13.5	7.5	9.94	8.5	12.5	12.0	9.0	12.5	8.0	8.5	12.0	10.38
DB	w	14.0	6.5	6.0	12.0	5.0	12.0	12.5	7.0	9.38	12.0	9.5	9.5	10.5	11.5	7.5	7.0	13.5	10.13
AS	m	13.5	8.0	6.0	12.0	13.0	8.5	12.5	9.0	10.31	6.5	13.0	13.0	10.0	13.5	9.5	8.5	12.0	10.75
LP	w	10.5	6.5	6.0	14.0	8.0	11.0	10.0	11.5	9.69	8.5	12.0	12.0	9.5	12.5	8.5	8.5	12.5	10.50

Es bedeuten
(vgl. Abb. 21 bis 24):

Messung	linkes Halbbild	rechtes Halbbild	zu beurteilen Punkt (Ring)	einzustellen Punkt (Ring)
1.	c	b	8	4
2.	c	b	8	6
3.	c	b	9	4
4.	c	b	9	6
5.	b	c	8	4
6.	b	c	8	6
7.	b	c	9	4
8.	b	c	9	6

Tab. 32 : Ergebnisse aus Experiment WK - 1a

Vp AD	PV	Werte aus l und r (T = 240 Sek.) P_L	P_K	F	D	Gesamtwerte (T = 480 Sek.) P_L	P_K	F	D
BL +6,7	r	7,5	14,5	13	- 2,9	21,9	15,0	26	1,4
	l	14,4	0,5	13	5,8				
FH -4,4	r	32,5	81,6	31	-20,5	118,0	119,1	65	- 0,2
	l	85,5	37,5	34	20,0				
GC -5,5	r	186,7	39,5	48	61,3	350,4	80,0	102	56,3
	l	163,7	40,5	54	51,3				
GR 0,0	r	194,7	42,7	25	63,3	365,4	93,9	71	56,6
	l	170,7	51,2	46	49,8				
KA 21,8	r	82,7	30,5	27	21,8	215,0	55,0	58	33,3
	l	132,3	24,5	31	44,9				
LA 13,5	r	240,0	0,0	0	100,0	480,0	0,0	0	100,0
	l	240,0	0,0	0	100,0				
LO -4,2	r	160,0	40,0	50	50,0	323,2	78,4	77	51,0
	l	163,2	38,4	27	52,0				
LP -2,0	r	92,3	73,1	48	8,0	142,2	141,4	91	0,2
	l	50,1	68,3	43	- 7,6				
SI 12,5	r	48,5	25,6	24	9,5	110,4	58,1	52	10,9
	l	61,9	32,5	28	12,3				
SO -9,3	r	215,5	17,1	11	82,7	117,1	43,8	28	77,8
	l	201,6	26,7	17	72,9				
WI-32,4	r	150,4	46,9	36	43,1	311,5	91,2	65	45,9
	l	161,1	44,3	29	48,7				

Legende:

l, r = durchgehende Kontur im li
ken (rechten) Halbbild
T = Darbietungszeit
Vp = Versuchsperson
PV = Position der Vorlage
AD = Testwert aus dem ADT
P_L = Prävalenzzeit der Lücke
(in Sekunden)
P_K = Prävalenzzeit der Kontur
(in Sekunden)
F = Wettstreitfrequenz
D = Maßzahl für die Prävalenz-
differenz (s. unter 7.4.)

Tab. 33 : Ergebnisse der Experimente WK - 1b und WK - 1c

Vp	PV	1b: Werte aus r und l (T = 240 Sek.)				1b: Gesamtwerte (T = 480 Sek.)				1c: Werte aus r und l (T = 240 Sek.)				1c: Gesamtwerte (T = 480 Sek.)			
		P_L	P_K	F	D	P_L	P_K	F	D	P_L	P_K	F	D	P_L	P_K	F	D
BL	r	123,7	0,0	3	51,5	145,6	0,0	13	30,3	19,7	0,0	10	8,2	146,1	0,0	13	30,4
	l	21,9	0,0	10	9,1					126,4	0,0	3	52,7				
FH	r	238,4	0,0	1	99,3	476,8	0,0	3	99,3	240,0	0,0	0	100,0	441,1	0,0	10	91,9
	l	238,4	0,0	2	99,3					201,1	0,0	10	83,8				
GC	r	240,0	0,0	0	100,0	480,0	0,0	0	100,0	237,3	0,5	4	98,7	477,3	0,5	4	99,3
	l	240,0	0,0	0	100,0					240,0	0,0	0	100,0				
GR	r	240,0	0,0	0	100,0	466,7	1,1	10	97,0	232,0	1,1	8	96,2	456,0	10,7	21	92,8
	l	226,7	1,1	10	94,0					224,0	9,6	13	89,3				
KA	r	237,9	0,0	1	99,1	464,0	0,0	10	96,7	232,0	0,0	4	96,7	472,0	0,0	4	98,3
	l	226,1	0,0	9	94,2					240,0	0,0	0	100,0				
LA	r	240,0	0,0	0	100,0	480,0	0,0	0	100,0	240,0	0,0	0	100,0	480,0	0,0	0	100,0
	l	240,0	0,0	0	100,0					240,0	0,0	0	100,0				
LO	r	237,3	0,0	1	98,9	477,3	0,0	1	99,4	240,0	0,0	0	100,0	480,0	0,0	0	100,0
	l	240,0	0,0	0	100,0					240,0	0,0	0	100,0				
LP	r	161,1	1,6	23	66,5	340,8	3,7	41	70,2	155,7	12,8	35	59,5	299,2	19,7	57	58,2
	l	179,7	2,1	18	74,0					143,5	6,9	22	56,9				
SI	r	185,6	0,0	18	77,3	381,3	1,6	25	79,1	181,3	7,5	17	72,4	400,0	8,6	26	81,5
	l	195,7	1,6	7	80,9					218,7	1,1	9	90,7				
SO	r	240,0	0,0	0	100,0	480,0	0,0	0	100,0	240,0	0,0	0	100,0	477,3	2,1	5	99,0
	l	240,0	0,0	0	100,0					237,3	2,1	5	98,0				
VT	r	232,5	0,0	3	96,9	472,5	0,0	3	98,4	233,1	0,0	3	97,1	458,7	5,3	11	94,5
	l	240,0	0,0	0	100,0					225,6	5,3	8	91,8				

Legende s. Tab. 32

Tab. 34 : Ergebnisse der Experimente WK - 2

Vp	PV	2a: Werte aus r und l (T = 240 Sek.) P_L	P_K	F	D	2a: Gesamtwerte (T = 480 Sek.) P_L	P_K	F	D	2b: Werte aus r und l (T = 240 Sek.) P_L	P_K	F	D	2b: Gesamtwerte (T = 480 Sek.) P_L	P_K	F	D
BL	r	0,0	65,1	36	-27,1	3,7	108,2	65	-21,8	20,8	21,9	18	- 0,5	182,4	46,4	60	28,3
	l	3,7	43,1	29	-16,4					161,6	24,5	42	57,1				
FH	r	26,7	109,3	46	-34,4	41,1	249,6	89	-43,4	100,8	74,1	38	11,1	228,8	131,7	86	20,2
	l	14,4	140,3	43	-52,5					128,0	57,6	48	29,3				
GC	r	133,3	74,7	70	24,4	213,8	184,0	148	6,2	158,4	75,7	41	34,5	297,1	166,9	86	27,1
	l	80,5	109,3	78	-12,0					138,7	91,2	45	19,8				
GR	r	104,5	103,5	34	0,4	244,2	169,6	76	15,5	202,7	34,1	28	70,3	396,8	71,4	59	67,8
	l	139,7	66,1	42	30,7					194,1	37,1	31	65,3				
KA	r	80,5	99,7	71	- 8,0	208,5	176,5	139	6,7	213,3	22,4	23	79,5	436,2	34,7	39	83,6
	l	128,0	76,8	68	21,3					222,9	12,3	16	87,8				
LA	r	228,8	6,4	8	92,7	468,8	6,4	8	96,3	228,8	6,4	8	92,7	468,8	6,4	8	96,3
	l	240,0	0,0	0	100,0					240,0	0,0	0	100,0				
LO	r	92,3	121,6	51	-12,2	153,1	258,1	108	-21,9	149,3	88,5	63	25,3	285,8	174,4	99	23,2
	l	60,8	136,5	57	-31,5					136,5	85,9	36	21,1				
LP	r	48,5	108,3	55	-24,9	99,7	220,3	115	-25,1	96,5	84,3	49	5,1	181,3	176,0	98	1,1
	l	51,2	112,0	60	-25,3					84,8	91,7	49	- 2,9				
SI	r	57,6	125,9	76	-28,5	109,9	244,8	158	-28,1	122,7	54,9	60	28,3	252,8	113,6	113	29,0
	l	52,3	118,9	82	-27,8					130,1	58,7	53	29,8				
TO	r	180,3	32,0	29	61,8	322,2	114,7	75	43,2	229,3	5,9	6	93,1	445,8	24,0	24	87,9
	l	141,9	82,7	46	24,7					216,5	18,1	18	82,7				
VI	r	88,5	110,4	54	- 9,1	208,5	191,5	113	3,5	164,3	52,3	29	46,7	316,8	130,4	93	39,9
	l	120,0	81,1	59	16,2					152,5	73,1	64	33,1				

Legende s. Tab. 32

Tab.35 : Ergebnisse der Experimente WK - 3

Vp	PV	3a: Werte aus r und l (T = 240 Sek.)				3a: Gesamtwerte (T = 480 Sek.)				3b: Werte aus r und l (T = 240 Sek.)				3b: Gesamtwerte (T = 480 Sek.)			
		P_L	P_K	F	D	P_L	P_K	F	D	P_L	P_K	F	D	P_L	P_K	F	D
BL	r	0,0	32,5	22	-13,5	38,9	40,0	39	- 0,2	8,0	227,2	17	-91,3	58,7	386,7	77	-68,3
	l	38,9	7,5	17	13,1					50,7	159,5	60	-45,3				
FH	r	120,5	9,1	7	46,4	358,9	9,1	8	72,9	0,0	240,0	0	-100,0	13,3	441,6	14	-89,2
	l	228,4	0,0	1	99,3					13,3	201,6	14	-78,5				
GC	r	181,9	34,7	57	61,3	347,8	74,2	135	57,0	30,4	184,0	74	-64,0	51,7	374,9	127	-67,3
	l	165,9	39,5	78	52,7					21,3	190,9	53	-70,7				
GR	r	158,9	76,8	43	34,2	330,6	140,3	81	39,6	7,5	229,3	11	-92,4	7,5	469,3	11	-96,2
	l	171,7	64,5	38	44,7					0,0	240,0	0	-100,0				
KA	r	187,7	33,1	45	64,4	405,3	41,6	72	75,8	11,2	220,3	21	-87,1	27,2	439,0	47	-85,8
	l	217,6	8,5	27	87,1					16,0	218,7	22	-84,5				
LA	r	240,0	0,0	0	100,0	474,1	0,0	1	98,8	72,5	123,7	68	-21,3	102,4	291,2	109	-39,3
	l	234,1	0,0	1	97,5					29,9	167,5	41	-57,3				
LO	r	21,3	147,7	42	-52,7	219,2	181,3	106	7,9	64,0	172,3	40	-45,1	110,9	353,6	97	-50,6
	l	197,9	33,6	64	68,5					46,9	181,3	57	-56,0				
LP	r	74,7	66,7	59	3,3	152,0	165,4	122	- 2,8	23,5	135,5	99	-46,7	79,0	281,1	193	-42,1
	l	77,3	98,7	63	- 8,9					55,5	145,6	94	-37,5				
SI	r	67,7	57,1	45	4,4	161,0	72,6	94	18,4	28,3	192,5	63	-68,4	59,8	356,2	126	-61,8
	l	93,3	15,5	49	32,4					31,5	163,7	63	-55,1				
SO	r	225,1	8,5	11	90,3	439,5	24,5	25	86,5	17,1	212,3	18	-81,3	20,8	443,8	23	-88,1
	l	214,4	16,0	14	82,7					3,7	231,5	5	-94,9				
WI	r	195,2	27,2	31	70,0	371,2	65,6	58	63,7	61,3	165,3	60	-43,3	85,8	373,8	82	-60,0
	l	176,0	38,4	27	57,3					24,5	208,5	22	-76,7				

Legende s. Tab. 32

Tab. 36 : Ergebnisse der Experimente WK - 4

Vp	PV	4a: Werte aus r und l (T = 240 Sek.) P_F	P_K	F	D	4a: Gesamtwerte (T = 480 Sek.) P_F	P_K	F	D	4b: Werte aus r und l (T = 240 Sek.) P_E	P_K	F	D	4b: Gesamtwerte (T = 480 Sek.) P_E	P_K	F	D
BL	r	0,0	240,0	0	-100,0	0,0	480,0	0	-100,0	51,7	12,8	35	16,2	51,7	49,6	54	0,4
	l	0,0	240,0	0	-100,0					0,0	36,8	19	-15,3				
FH	r	0,0	233,1	5	- 97,1	0,0	459,8	12	- 95,8	102,9	32,0	40	29,5	185,0	82,7	85	21,3
	l	0,0	226,7	7	- 94,5					82,1	50,7	45	13,1				
GC	r	1,1	178,7	12	- 74,0	1,1	408,0	22	- 84,8	139,2	49,1	76	37,5	316,8	76,3	137	50,1
	l	0,0	229,3	10	- 95,5					177,6	27,2	61	62,7				
GR	r	8,0	161,1	20	- 63,8	26,7	317,9	56	-60,7	186,1	5,3	34	75,3	332,8	36,2	80	61,8
	l	18,7	156,8	36	- 57,5					146,7	30,9	46	48,3				
KA	r	0,0	240,0	0	-100,0	1,1	450,7	7	-93,7	208,0	6,4	23	84,0	441,1	6,4	26	90,6
	l	1,1	210,7	7	- 87,3					233,1	0,0	3	97,1				
LA	r	1,1	233,1	3	- 96,7	49,1	388,8	63	-70,8	235,2	0,0	3	98,0	419,7	2,1	30	87,0
	l	48,0	155,7	60	- 44,9					184,5	2,1	27	76,0				
LO	r	2,7	226,1	11	- 93,1	21,9	413,3	57	-81,5	225,1	2,1	10	92,9	293,9	79,4	69	44,7
	l	19,2	187,2	46	- 70,0					68,8	77,3	59	- 3,5				
LP	r	11,7	199,5	39	- 78,3	26,1	395,8	74	-77,0	122,7	31,5	51	38,0	270,4	46,4	99	46,7
	l	14,4	196,3	35	- 75,8					147,7	14,9	48	55,3				
SI	r	8,5	187,2	42	- 74,5	27,7	366,9	95	-70,7	111,5	41,6	86	29,1	261,9	94,9	180	34,8
	l	19,2	179,7	53	- 66,9					150,4	53,3	94	40,5				
SO	r	0,0	240,0	0	-100,0	2,1	469,3	7	-97,3	215,5	5,3	10	87,6	411,8	14,9	29	82,7
	l	2,1	229,3	7	- 94,7					196,3	9,6	19	77,8				
WI	r	0,0	233,1	2	- 97,1	18,1	427,8	22	-85,4	185,6	2,7	20	76,2	351,5	7,7	38	78,7
	l	18,1	194,7	20	- 73,6					165,9	0,0	18	69,1				

Legende:

P_F = Prävalenzzeit der Fläche (in Sek.)

im Übrigen s. Tab. 32

Legende:

P_E = Prävalenzzeit des Eckenmusters (in Sek.

im Übrigen s. Tab. 32

Tab. 41: Ergebnisse der Einzelmessungen zum ADT

VP	G	M	P_l	W_l	P_r	W_r	AD	WF
AL	m	lr	13,3	3	90,7	5	+ 64,4	4,0
		ll	9,6	3	100,8	4	+ 76,0	3,5
			22,9	6	191,5	9	+ 70,1	3,8
BA	w	ll	48,0	21	60,8	21	+ 10,6	21,0
		lr	36,3	29	51,2	31	+ 12,4	30,0
			84,3	50	112,0	52	+ 11,6	25,5
BE	w	lr	78,9	13	27,2	11	- 43,1	12,0
		ll	70,9	13	37,3	14	- 28,0	13,5
			149,9	26	64,5	25	- 35,5	12,8
BK	m	ll	35,7	27	38,9	25	+ 2,7	26,0
		lr	34,1	24	41,1	28	+ 5,8	26,0
			69,9	51	80,0	53	+ 4,2	26,0
BL	m	lr	32,0	14	41,6	16	+ 8,0	15,0
		ll	29,3	15	35,7	16	+ 5,3	15,5
			61,3	29	77,3	32	+ 6,7	15,3
BU	m	lr	48,0	14	32,0	12	- 13,3	13,0
		ll	45,3	13	35,7	15	- 8,0	13,0
			93,3	27	67,7	25	- 10,7	13,0
BR	m	ll	53,9	11	54,9	13	+ 0,9	12,0
		lr	50,1	10	54,9	11	+ 4,0	10,5
			104,0	21	109,9	24	+ 2,4	11,3
CR	m	lr	44,8	15	63,5	17	+ 15,1	16,0
		ll	21,9	16	65,6	28	+ 36,4	22,0
			66,7	31	128,5	45	+ 25,8	19,0
DE	w	ll	55,5	22	56,0	23	+ 0,9	25,5
		lr	45,9	23	52,2	25	+ 5,3	24,0
			101,3	45	108,3	48	+ 2,9	23,3
DU	m	ll	55,2	12	58,7	19	+ 19,6	15,5
		lr	56,0	15	53,3	17	- 2,2	16,0
			91,2	27	112,0	36	+ 8,7	15,8
ES	w	ll	41,6	16	38,9	16	- 2,2	16,0
		lr	42,7	14	52,8	16	+ 8,4	15,0
			84,3	30	91,7	32	+ 3,1	15,5
FE	w	ll	35,2	13	69,3	11	+ 28,4	12,0
		lr	25,6	8	80,0	12	+ 45,3	10,0
			55,5	21	149,3	23	+ 39,1	11,0
FH	w	ll	46,4	16	44,8	19	- 1,3	17,5
		lr	54,4	18	45,3	20	- 7,6	19,0
			100,8	34	90,1	39	- 4,4	18,3

Tab. 41 (Forts.)

VP	G	M	P_l	W_l	P_r	W_r	AD	WF
FK	w	ll	48,0	16	57,1	16	+ [illegible]	[illegible]
		lr	42,7	12	73,6	14	+ [illegible]	[illegible]
			90,7	28	130,7	30	+ 16,7	14,3
FR	m	lr	30,4	11	69,3	19	+ [illegible]	[illegible]
		ll	26,7	8	75,7	8	+ [illegible]	[illegible]
			57,1	19	145,1	27	+ 38,8	12,3
GC	m	ll	40,5	14	36,3	10	- 4,6	12,0
		lr	44,8	16	35,7	13	- 7,6	14,5
			85,3	30	72,0	23	- 5,5	13,3
GE	m	ll	20,3	14	35,2	18	+ 12,4	16,0
		lr	33,1	20	38,9	22	+ 4,9	21,0
			53,3	34	74,1	40	+ 8,9	18,5
GI	m	ll	32,0	11	46,4	12	+ 12,0	11,5
		lr	36,8	14	50,7	15	+ 11,6	14,5
			68,8	25	97,1	27	+ 11,8	13,0
GO	w	ll	65,6	6	42,7	4	- 19,1	5,0
		lr	73,1	8	38,9	7	- 26,7	7,5
			138,7	14	81,6	11	- 23,8	6,3
GR	w	ll	49,6	9	50,1	9	+ 0,4	9,0
		lr	46,4	9	45,9	9	- 0,4	9,0
			96,0	18	96,0	18	0,0	9,0
HE	m	lr	46,4	10	48,0	11	+ 1,3	10,5
		ll	57,6	11	45,9	9	- 9,8	10,0
			104,0	21	93,9	20	- 4,2	10,3
HL	w	ll	44,3	23	61,3	25	+ 14,2	24,0
		lr	17,6	13	27,2	11	+ 8,0	12,0
			61,9	36	88,5	36	+ 11,1	18,0
HO	m	ll	53,3	12	44,8	9	- 7,1	10,5
		lr	48,5	12	53,9	11	+ 4,4	11,5
			101,9	24	98,7	20	+ 1,3	11,0
HP	w	ll	2,7	2	92,3	10	+ 74,7	6,0
		lr	4,8	2	105,1	7	+ 83,6	4,5
			7,5	4	193,3	17	+ 78,1	5,3
HU	m	lr	32,5	13	40,0	14	+ 6,2	13,5
		ll	44,3	14	42,7	11	- 1,3	12,5
			76,8	27	82,7	25	+ 2,4	13,0
JA	w	lr	120,0	0	0,0	0	-100,0	0,0
		ll	120,0	0	0,0	0	-100,0	0,0
			240,0	0	0,0	0	-100,0	0,0
KA	m	ll	16,5	10	10,1	19	+ 19,6	14,5
		lr	22,4	10	11,2	21	+ 24,0	15,5
			38,9	20	21,3	40	+ 21,8	15,0

Tab. 41 (Forts.)

VP	G	M	P_l	W_l	P_r	W_r	AD	WF
KO	m	ll	34,1	16	53,9	20	+ 16,4	18,0
		lr	35,2	15	63,5	25	+ 23,6	20,0
			69,3	31	117,3	45	+ 20,0	19,0
LA	m	ll	42,1	20	58,7	18	+ 13,8	19,0
		lr	45,9	14	61,9	15	+ 13,3	14,5
			88,0	34	120,5	33	+ 13,5	16,8
LH	m	lr	117,3	4	0,0	0	- 97,8	2,0
		ll	120,0	0	0,0	0	-100,0	0,0
			237,3	4	0,0	0	- 98,9	1,0
LI	m	lr	56,0	40	61,9	116	+ 4,9	40,0
		ll	58,7	31	60,8	114	+ 1,8	31,5
			114,7	71	122,7	230	+ 3,3	35,8
LO	w	lr	41,6	21	37,3	70	- 3,6	20,0
		ll	45,9	22	40,0	75	- 4,9	21,5
			87,5	43	77,3	145	- 4,2	20,8
LP	w	lr	41,1	17	40,0	75	- 0,9	17,0
		ll	40,0	18	36,3	68	- 3,1	16,5
			81,1	35	76,3	143	- 2,0	16,8
LS	w	lr	34,7	16	75,2	19	+ 18,2	17,3
		ll	40,5	17	48,0	19	+ 6,2	18,0
			75,2	33	104,5	38	+ 12,2	17,8
LU	m	ll	44,8	15	52,3	15	+ 6,2	15,0
		lr	22,9	12	39,5	13	+ 13,8	12,5
			67,7	27	91,7	28	+ 10,0	13,8
MO	m	lr	51,2	18	23,5	13	- 23,1	15,5
		ll	34,1	18	28,3	18	- 4,9	18,0
			85,3	36	51,7	31	- 14,0	16,8
NE	w	ll	42,7	19	51,7	18	+ 7,6	18,5
		lr	49,6	23	54,9	23	+ 4,4	23,0
			92,3	42	106,7	41	+ 6,0	20,8
NI	w	ll	38,9	9	34,1	12	- 4,0	10,5
		lr	22,9	7	36,8	7	+ 11,6	7,0
			61,7	16	70,9	19	+ 3,8	8,8
OL	w	lr	43,7	14	76,3	14	+ 27,1	14,0
		ll	52,3	18	64,0	18	+ 9,8	18,0
			96,0	32	140,3	32	+ 18,2	16,0
PO	m	ll	120,0	0	0,0	0	-100,0	0,0
		lr	120,0	0	0,0	0	-100,0	0,0
			240,0	0	0,0	0	-100,0	0,0
PR	w	lr	8,5	7	5,3	10	- 2,7	6,5
		ll	7,7	9	8,5	16	+ 0,9	7,5
			16,2	16	13,9	26	- 0,9	7,0

Tab. 41 (Forts.)

VP	G	M	P_l	W_l	P_r	W_r	AD	WF
RE	w	lr	19,7	11	64,0	120	+ 36,9	15,5
		ll	22,4	11	61,9	116	+ 32,9	14,0
			41,6	22	125,9	236	+ 34,9	14,8
RI	w	lr	25,1	11	50,1	16	+ 20,9	13,2
		ll	14,9	7	67,2	17	+ 43,6	12,0
			40,0	18	117,3	33	+ 32,2	12,8
SA	m	lr	54,4	18	53,3	19	- 0,9	18,5
		ll	44,8	15	49,1	16	+ 3,6	15,5
			99,2	33	102,4	35	+ 1,3	17,0
SC	w	lr	59,7	28	37,9	20	- 18,2	24,0
		ll	41,1	19	46,9	20	+ 4,9	19,5
			100,8	47	84,8	40	- 6,7	21,8
SD	m	lr	32,5	6	64,0	7	+ 26,2	6,5
		ll	25,1	4	72,5	7	+ 39,6	5,5
			57,6	10	136,5	14	+ 32,8	6,0
SE	w	lr	61,3	4	27,2	4	- 28,4	4,0
		ll	80,0	6	17,6	2	- 52,0	4,0
			141,3	10	44,8	6	- 40,2	4,0
SI	m	lr	40,5	18	54,9	21	+ 12,0	19,5
		ll	30,9	18	46,4	16	+ 12,9	17,0
			71,5	36	101,3	37	+ 12,5	18,3
SO	w	lr	55,5	11	56,0	11	+ 0,4	11,0
		ll	47,5	12	24,5	7	- 19,1	9,5
			102,9	23	80,5	18	- 9,3	10,3
SP	m	ll	37,3	15	62,4	16	+ 20,9	15,5
		lr	32,0	15	60,3	16	+ 23,6	15,5
			69,3	30	122,7	32	+ 22,2	15,5
ST	m	ll	44,3	25	37,3	18	- 5,8	21,5
		lr	62,4	21	37,9	16	- 20,9	18,5
			106,7	46	75,2	34	- 15,1	20,0
SZ	w	lr	38,9	20	55,9	21	+ 12,4	20,5
		ll	54,9	14	61,3	15	+ 5,3	14,5
			93,9	34	115,2	36	+ 8,9	17,5
TH	m	lr	28,8	24	14,4	12	- 12,0	18,0
		ll	45,9	17	20,3	12	- 21,3	14,5
			74,7	41	34,7	24	- 16,7	16,3
TL	m	lr	47,5	12	58,7	12	+ 9,3	12,0
		ll	45,9	10	58,1	10	+ 10,2	10,0
			93,3	22	116,8	22	+ 9,8	11,0
UR	w	lr	59,7	19	41,1	16	- 15,6	17,5
		ll	27,7	13	54,9	17	+ 22,7	15,0
			87,5	32	96,0	33	+ 3,6	16,3

Tab. 41 (Forts.)

VP	G	M	P_l	W_l	P_r	W_r	AD	WF
WE	w	ll	37,3	22	33,1	24	- 3,6	23,0
		lr	25,1	17	37,9	21	+ 10,7	19,0
			62,4	39	70,9	45	+ 3,6	21,0
WI	w	ll	58,7	17	42,7	16	- 13,3	16,5
		lr	81,1	15	19,2	9	- 51,6	12,0
			139,7	32	61,9	25	- 32,4	13,1
WL	w	ll	60,8	29	56,5	28	- 3,6	28,5
		lr	43,2	19	67,7	20	+ 20,4	19,5
			104,0	48	124,3	48	+ 8,4	24,0
WO	m	ll	22,4	13	24,0	10	+ 1,3	11,5
		lr	23,5	14	44,8	16	+ 17,8	15,0
			45,9	27	68,8	26	+ 9,6	13,5
ZO	w	lr	27,7	18	45,3	25	+ 14,7	21,5
		ll	43,7	15	72,0	16	+ 23,6	15,5
			71,5	33	117,3	41	+ 19,1	18,5

Legende zu Tab. :

AD = Augendominanzwert

G = Geschlecht

ll = beim linken Muster weisen die Winkelscheitel nach links, beim rechten nach rechts

lr = beim linken Muster weisen die Winkelscheitel nach rechts, beim rechten nach links

M = Position der Muster

m bzw. w = männlich bzw. weiblich

P_l bzw. P_r = Prävalenzzeiten des linken bzw. rechten Halbbildes in Sekunden

VP = Versuchsperson

WF = Wettstreitfrequenz (Prävalenzänderungen pro Minute)

W_l bzw. W_r = Anzahl der Prävalenzphasen für das linke bzw. rechte Auge

LEBENSLAUF

Als Sohn des Arztes Dr. Max Kobbert und seiner Frau Elli, geb. Klumbies, wurde ich am 28.5.1944 in Königsberg/Pr. geboren. 1950 wurde ich eingeschult; im gleichen Jahre wurde mein einziger Bruder geboren. Nach der Grundschulzeit in Unna wechselte ich 1954 auf das naturwissenschaftlich orientierte Aldegrevergymnasium in Soest und legte am Ratsgymnasium in Münster (naturwiss. Zug) am 20.2.1963 das Abitur ab.
Nach einem Jahr praktischer Tätigkeit immatrikulierte ich mich am 16.4.64 an der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster. Neben Psychologie studierte ich in den Fächern Physiologie, Psychopathologie, Philosophie, Humangenetik und Anatomie. Am 29.7.69 erwarb ich den Grad des Diplompsychologen. 1971 heiratete ich die jetzige Lehrerin Gabriele Kobbert, geb. Fehr.
Als wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Dr. W. Witte folgte ich ihm im Nov. 1974 an die Universität Regensburg und setzte dort mein Studium zwei Semester lang fort. 1975 wurde mir eine Tochter geboren.

DANKSAGUNG

Für mich als langjährigen Mitarbeiter von Herrn Professor Dr. W. Witte ist es kaum möglich, der Vielfalt der durch ihn vermittelten wissenschaftlichen und menschlichen Erfahrungen, die weit über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausgehen, mit einigen Dankesworten zu entsprechen.
Ich möchte mich deshalb darauf beschränken, ihm zu versichern, daß mir diese Erfahrungen einen unauslöschlichen Gewinn bedeuten.

SPERL